

# ChopArc

Ergebnispräsentation

Verbundprojekt im  
„Ultraleichtbau“ des bmb+f

*Plasma-Spektralanalyse*

*Energiequelle*

*Modell und Simulation*

*Fügeprozess*

*Regelung*

*Kupfer-  
Basis-Draht*

*Zink-  
Basis-Draht*

*verzinktes  
Stahlblech*

**bedra®**

**ArvinMeritor**  
*Pilotanwender*



GEFÖRDERT VOM



BETREUT DURCH



[www.choparc.de](http://www.choparc.de)

# Übersicht

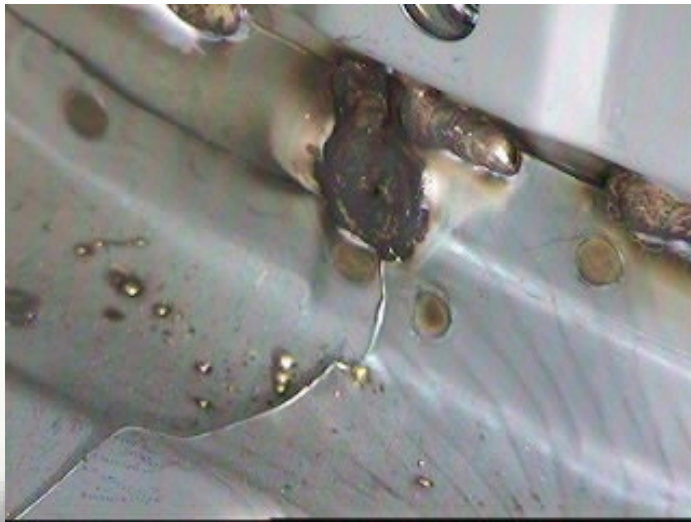
- Ausgangssituation MSG-Kurzlichtbogen
- Lösungsansatz:  
Kurzlichtbogenprozess modifizieren
- Verfahrensprinzip des *ChopArc*
- Ergebnisse
- Ansätze der Teilprojekte
- Erhöhung der Dynamik

## Der Kurzlichtbogen ist verknüpft mit ...

- Spritzerbildung
- Abbrand von Oberflächenveredlungen wie z.B. Zink
- Prozessstörungen durch Oberflächenveredlungen
- Lochbildung bei Dünoblech
- ...

## Hauptursache hierfür ist:

explosionsartiges Aufreißen der Kurzschlussbrücke zwischen Draht und Schmelze durch zu hohen Energieeintrag



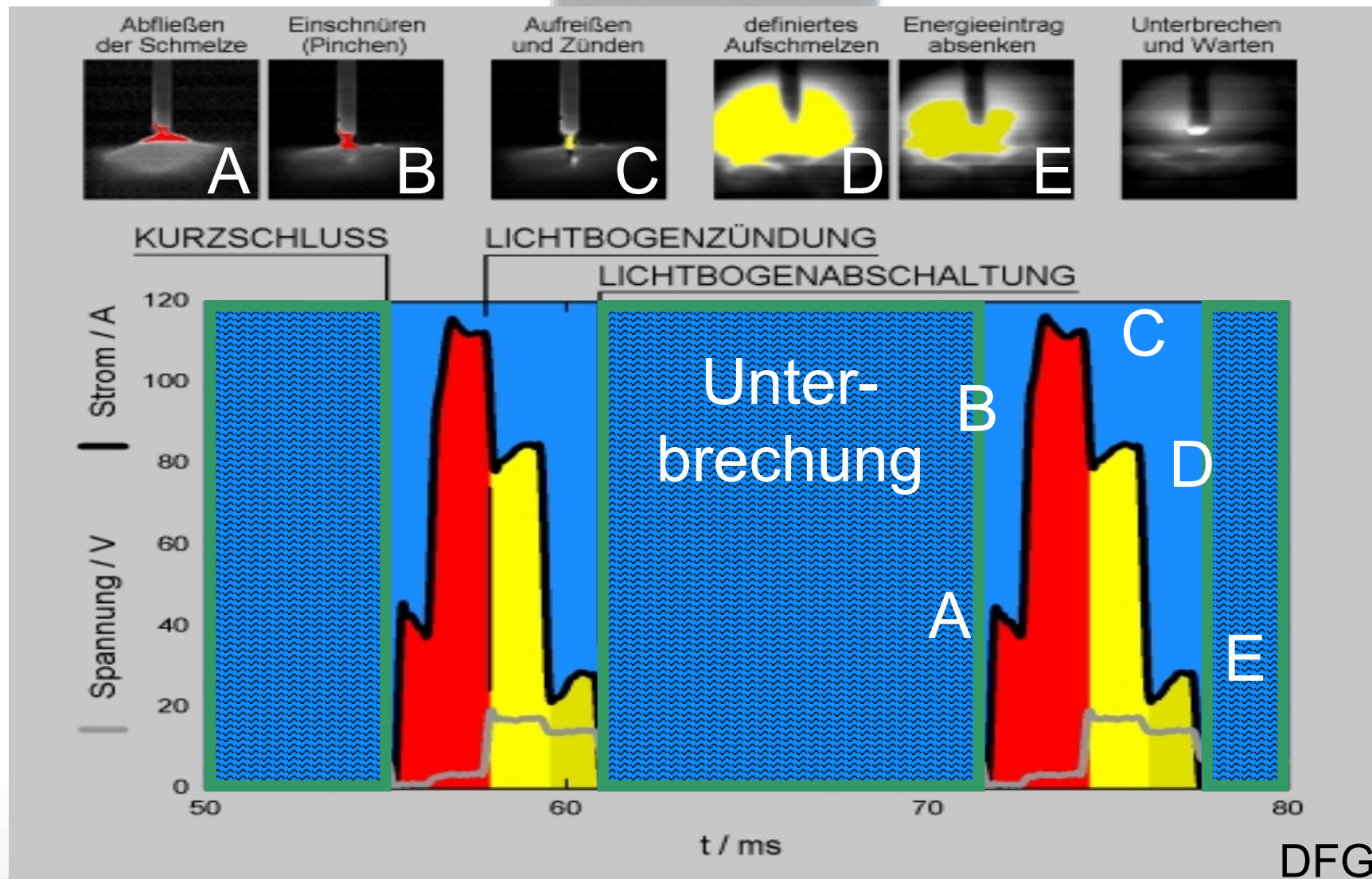
## MIG-Löten im Fahrzeugbau

gegenüber MIG-Schweißen

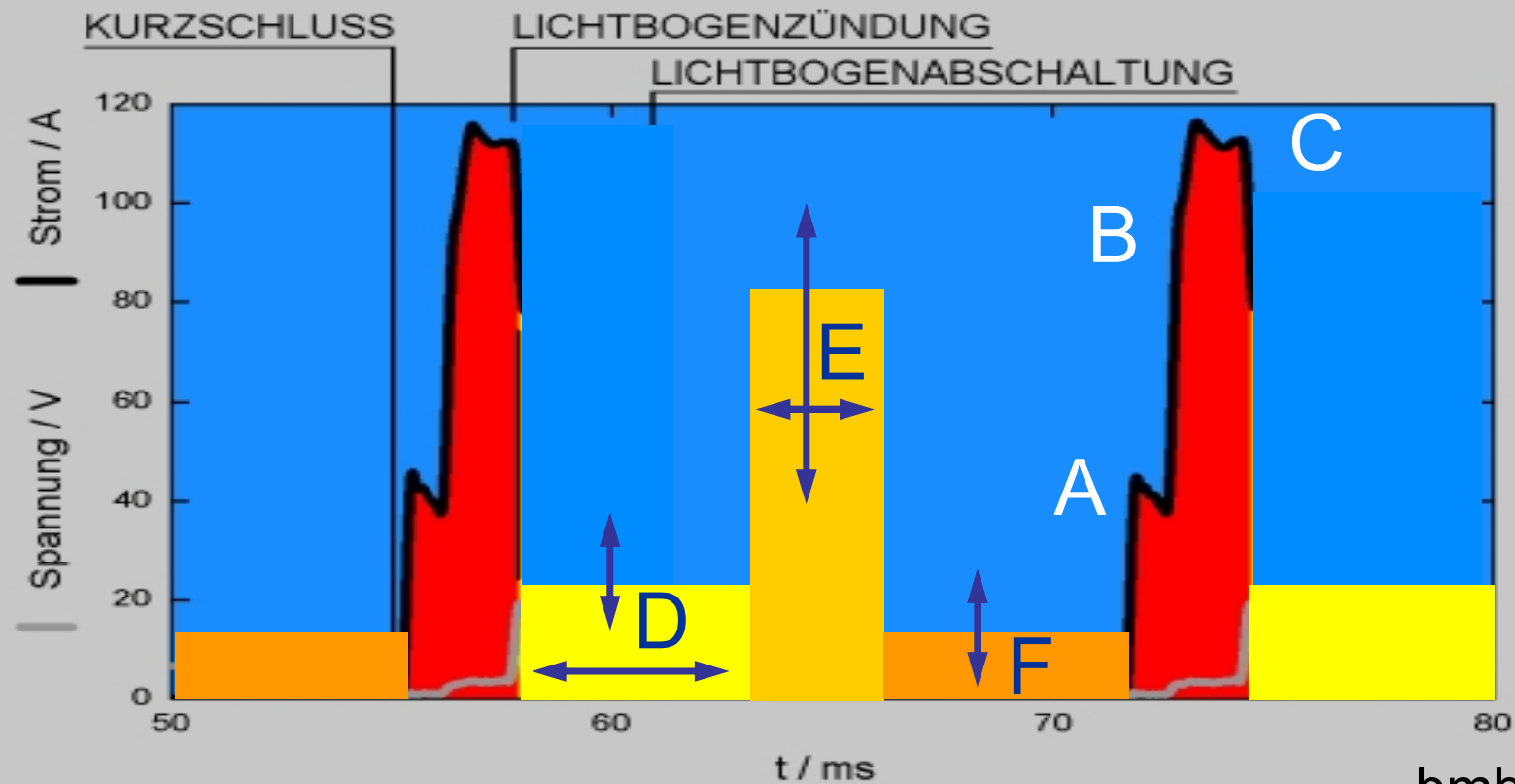
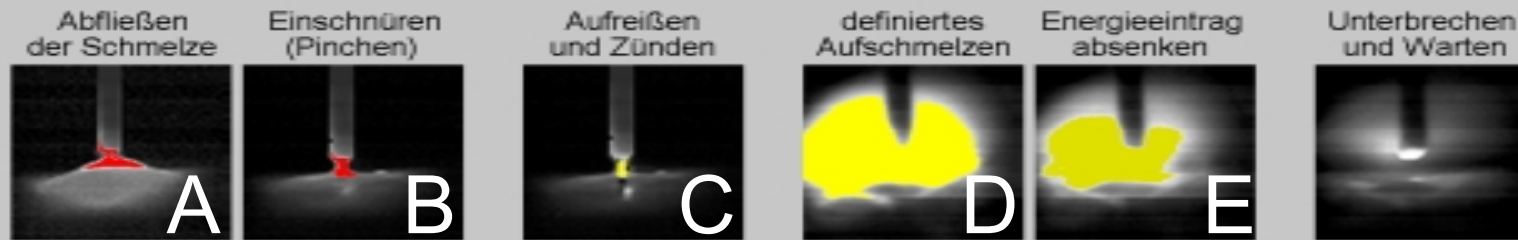
- + geringerer Wärmeeintrag
- + Spaltüberbrückung

aber

- geringe Prozessstabilität mit Spritzerneigung
- Zinkschichtabbbrand kaum vermeidbar
- Cu-Basis-Elektrodraht teuer

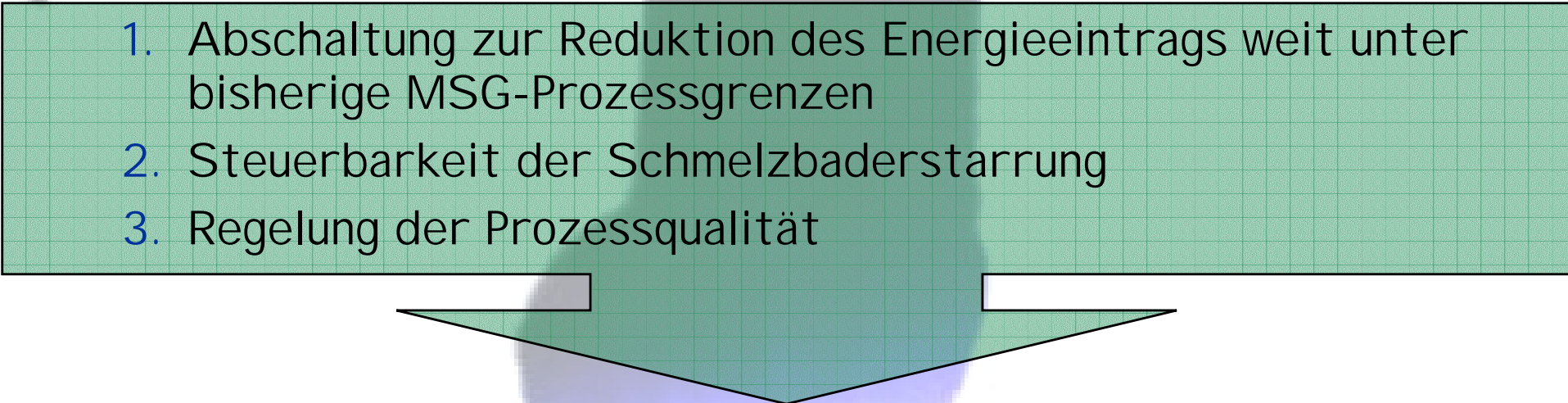


Phasenweise regelbarer Energieeintrag



bmb+f '04

Phasenweise regelbarer Energieeintrag

- 
1. Abschaltung zur Reduktion des Energieeintrags weit unter bisherige MSG-Prozessgrenzen
  2. Steuerbarkeit der Schmelzbaderstarrung
  3. Regelung der Prozessqualität

- Adaption des Energieeintrags an die Aufgaben:
  - a) Dünnblechschweißen  $\leq 0,5$  mm von CrNi-Stahl
  - b) Löten von verzinkten Stahlblech
  - c) Mischverbindungen aus verzinkten Stählen mit Aluminium-Legierungen
- Inprozessaktives Prozessüberwachungs- und -regelungssystem zur Optimierung der Prozessqualität und Störungskompensation in Echtzeit





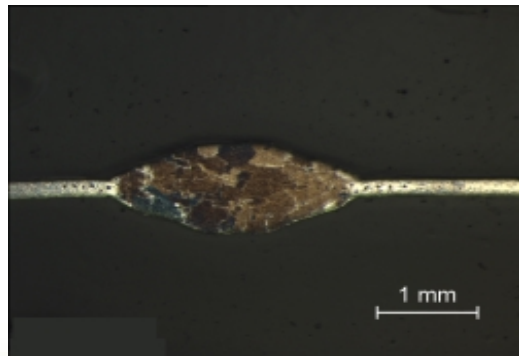
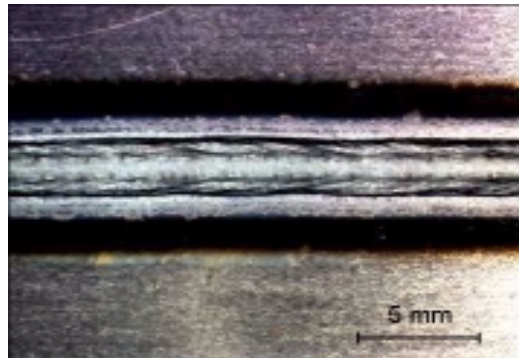
Querschliff

*10.000 B/s*

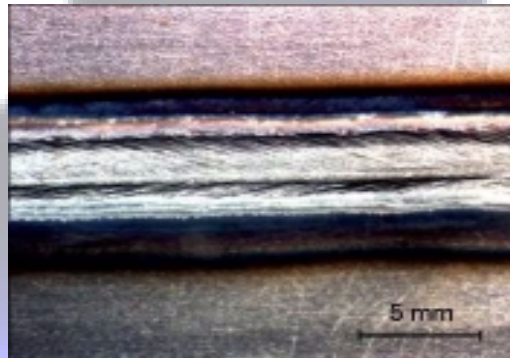
Aluminiumbronze: 0,8 mm CuAl5Ni2, Argon + 2 % CO<sub>2</sub>  
0,7 mm verzinkter Stahl, 54 g/m<sup>2</sup> Zn



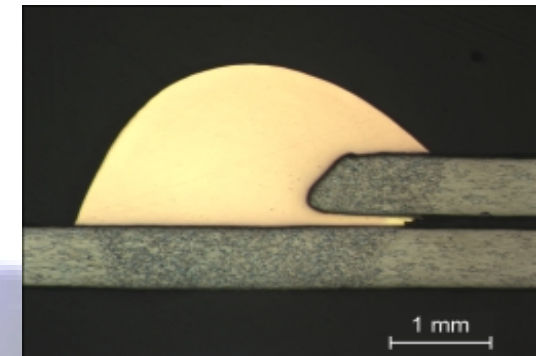
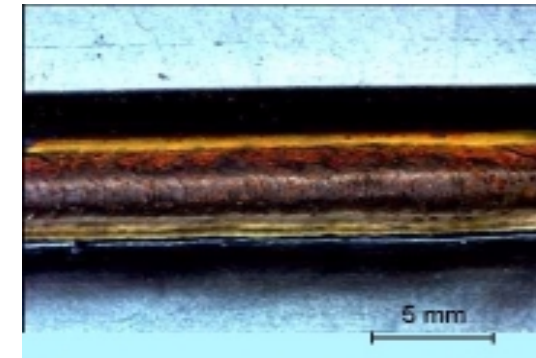
## *ChopArc*-Schweißen



I-Stumpfnah  
0,20 mm Stahlblech



Überlapp-Kehlnah  
0,20 mm Stahlblech



Überlapp-Kehlnah  
0,70 mm verzinkter Stahl

→ 0,2 mm weltweit erstmalig mit MSG-Prozess

## ChopArc-Schweißen

0,20 mm St 110-05 AM,  
Überlapp-Kehlnaht,  
0,6 mm SG2

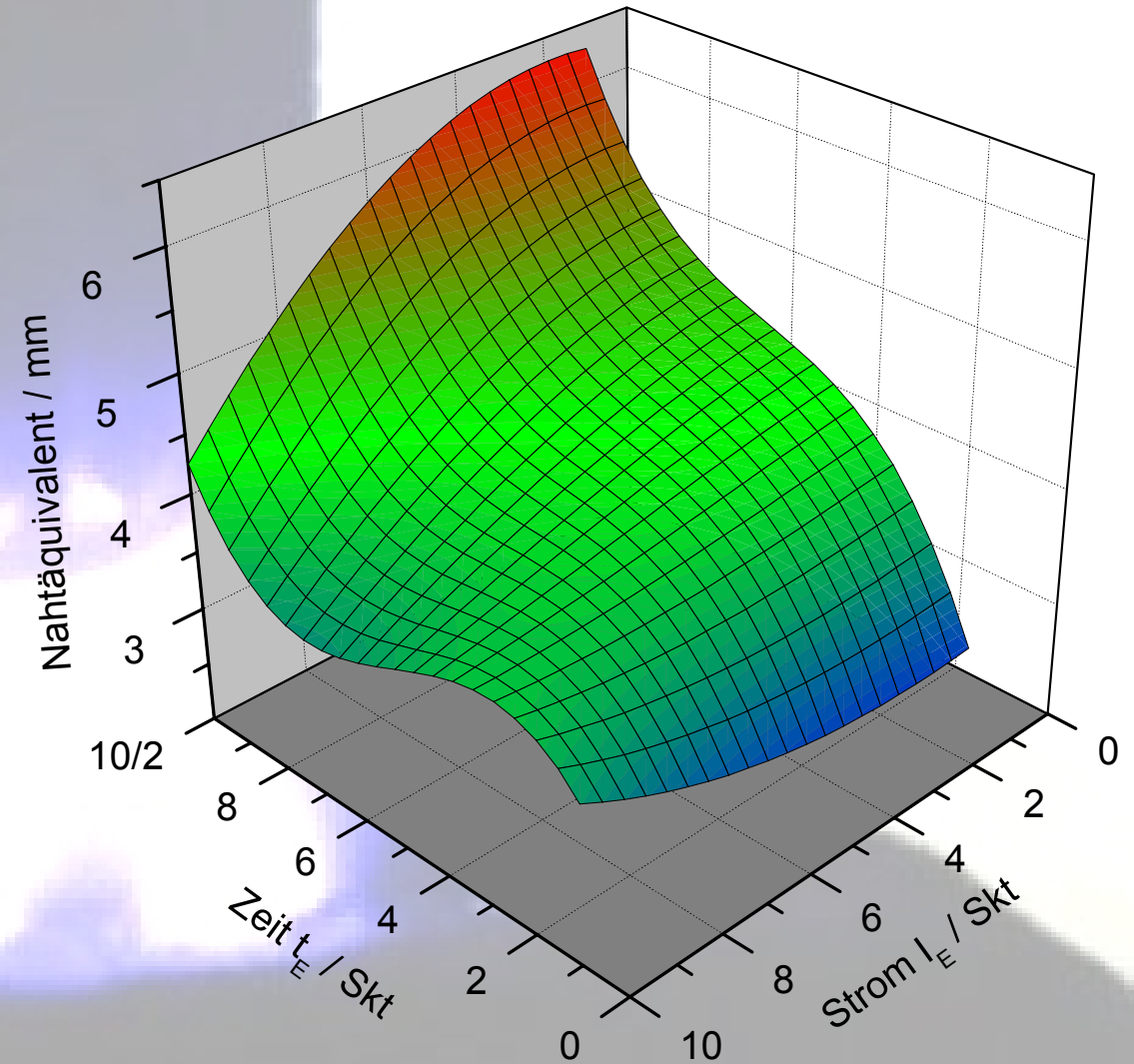
Ar + 1% CO<sub>2</sub> + 0,5% O<sub>2</sub>

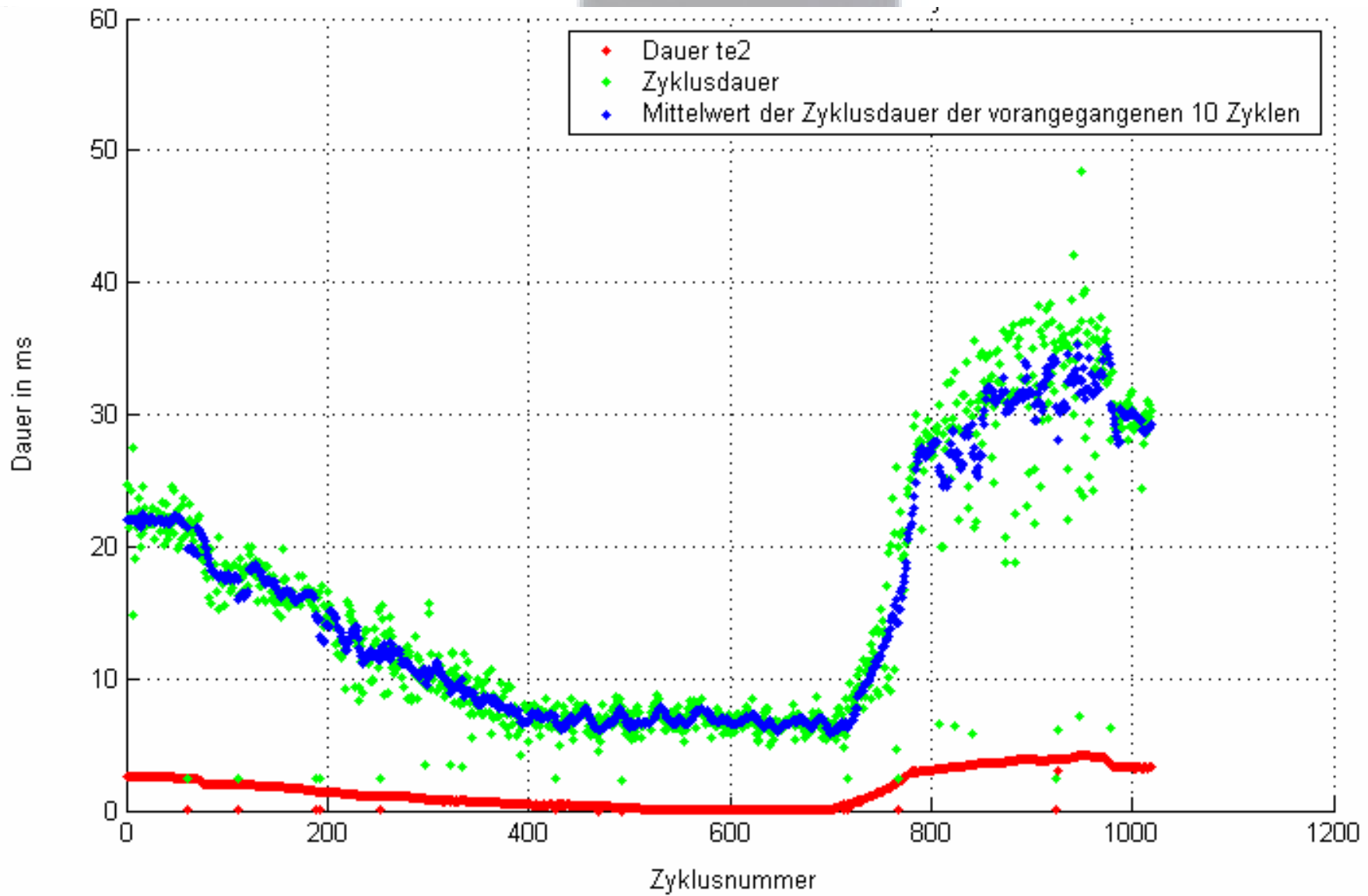
### Nahtäquivalent

$$N_{\text{äq}} = W_b + N_b + W_{\text{ü}} - N_{\text{ü}}$$

W Wurzel, N Naht,

b Breite, ü Überhöhung



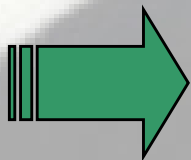


Aus der Entkopplung des Wärmeeintrags vom Werkstofftransport folgt:

- + sehr gute Regelmäßigkeit des Prozesses
- + Nahtgeometrie wird steuerbar durch Aufschmelzphase  $t_E$  bzw.  $I_E$

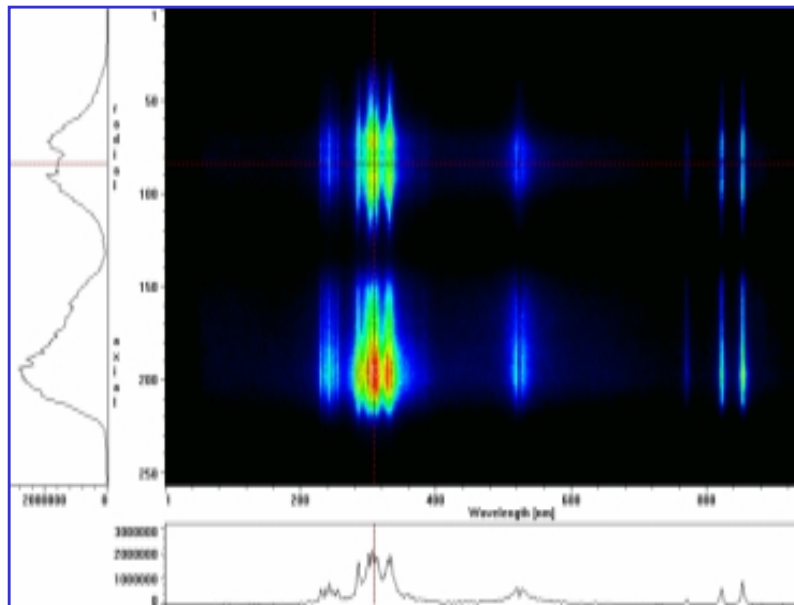
aber:

- geringere Dynamik gegenüber dem herkömmlichen Kib
- erhöhte Gefahr des Draht-“Einfrierens“ bei kleinen Streckenenergien  
→ Kurzschlussaufreißen und Lichtbogen-Wiederzünden kaum mgl.
- zusätzliche Parameter → *ein Graus für die Technologen!*



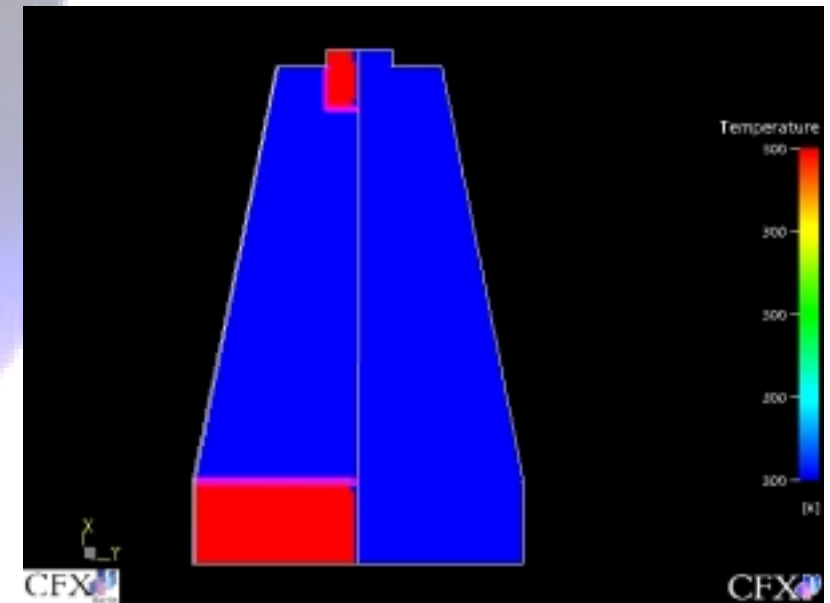
robuster KIB mit hoher Dynamik

## 3D-ortsaufgelöste Spektroskopie



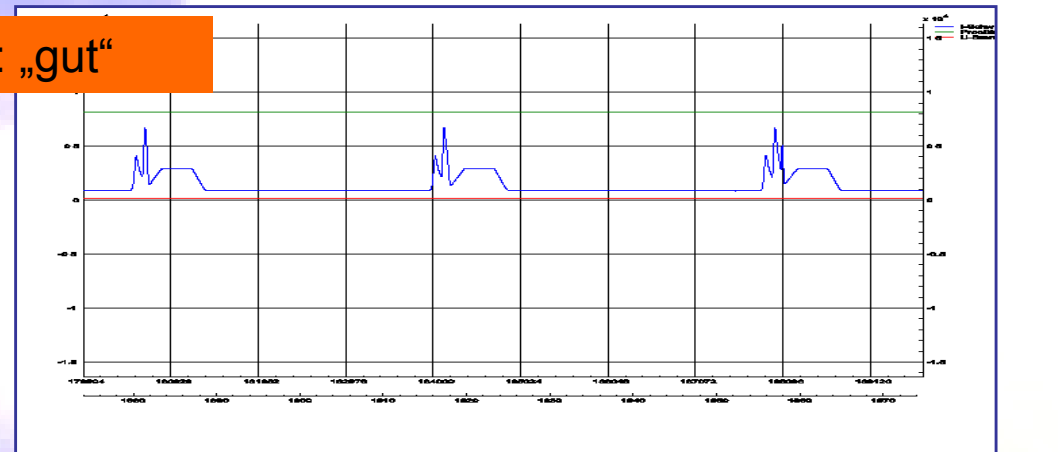
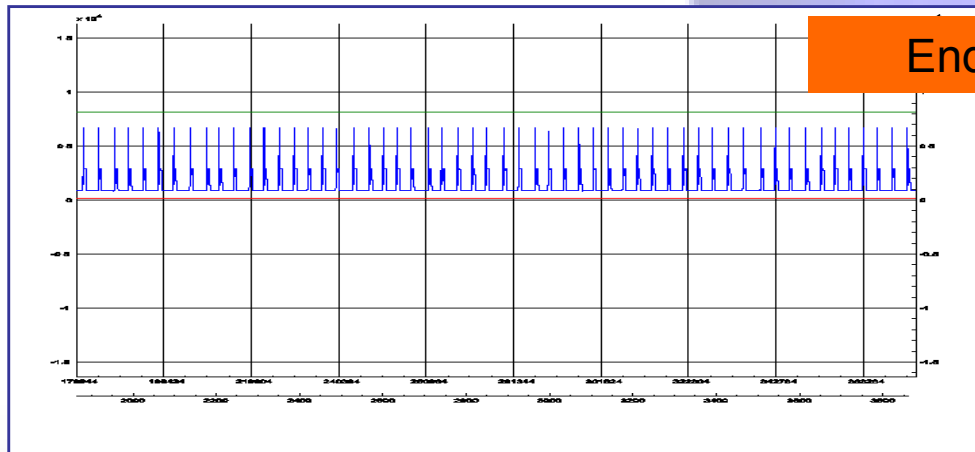
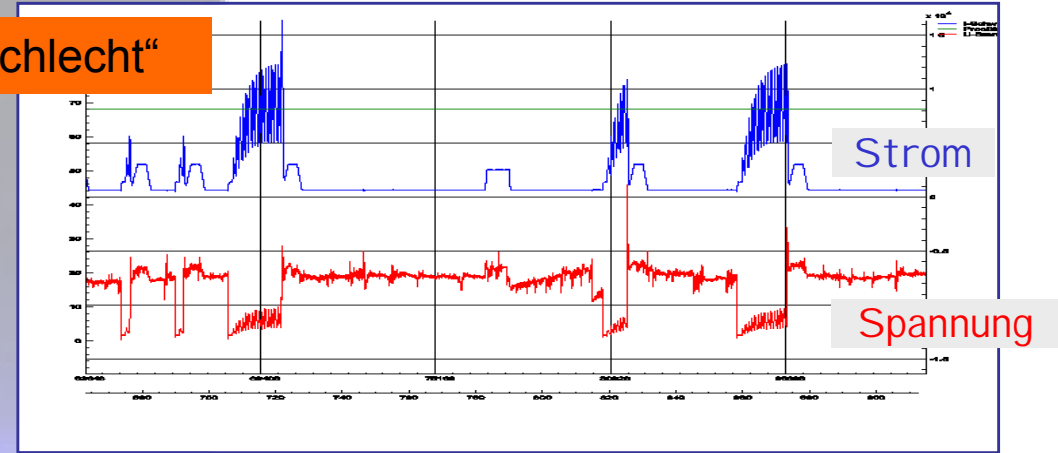
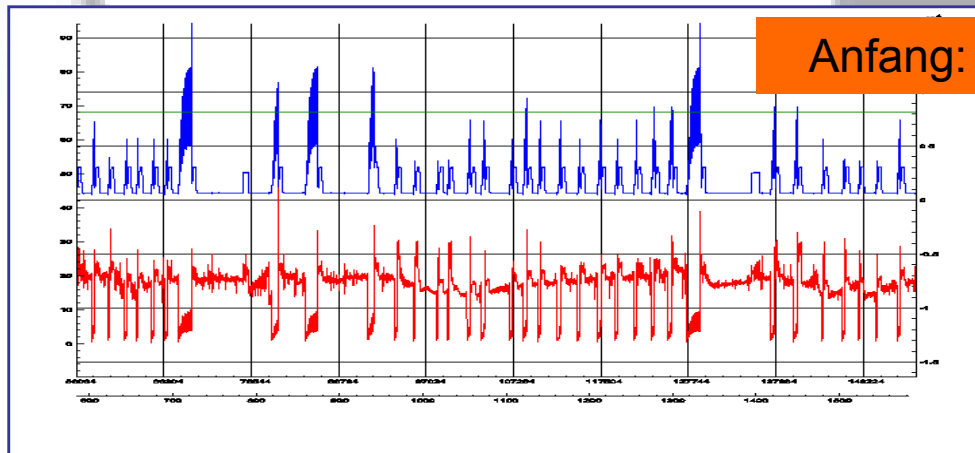
S. Goecke, 2003

## 3D-Modell des *ChopArc*-Prozesses



Dr. A. Spille-Kohoff, 2004

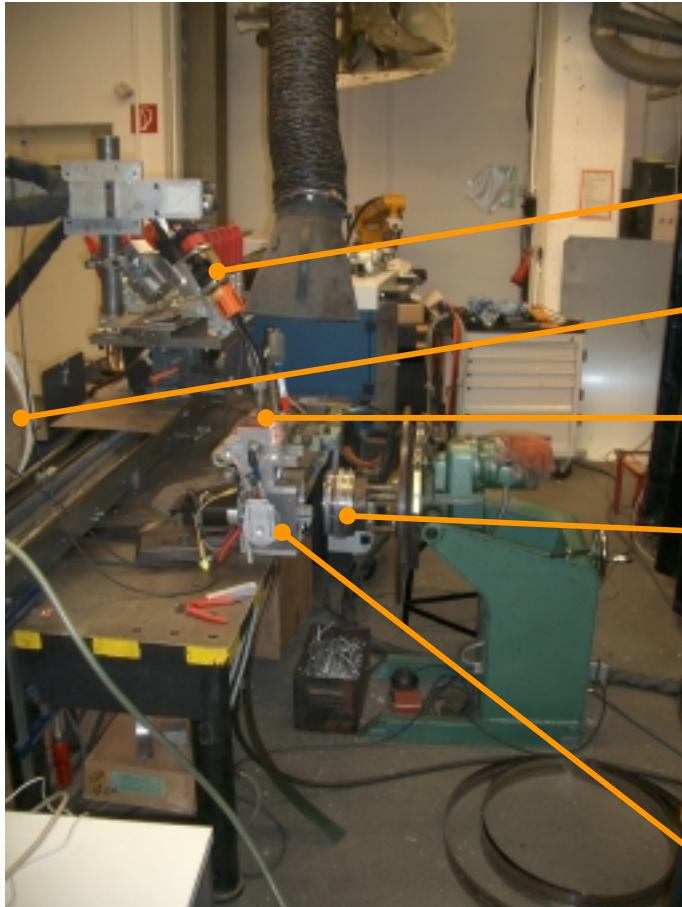
statische und dynamische  
Charakteristik der Energiequelle



Qualität:

$$Q = w_1 \cdot n_{\text{ZündA}} + w_2 \cdot n_{\text{ZündCp}} + w_3 \frac{S_{t\text{Lichtbogen}}}{\bar{t}_{\text{Lichtbogen}}} + w_4 \frac{S_{t\text{Kurzschluss}}}{\bar{t}_{\text{Kurzschluss}}} + w_5 \frac{S_{n\text{Sägenzähne}}}{\bar{n}_{\text{Sägenzähne}}} + WF$$





Markierstift

Brenner

Bandblechspule

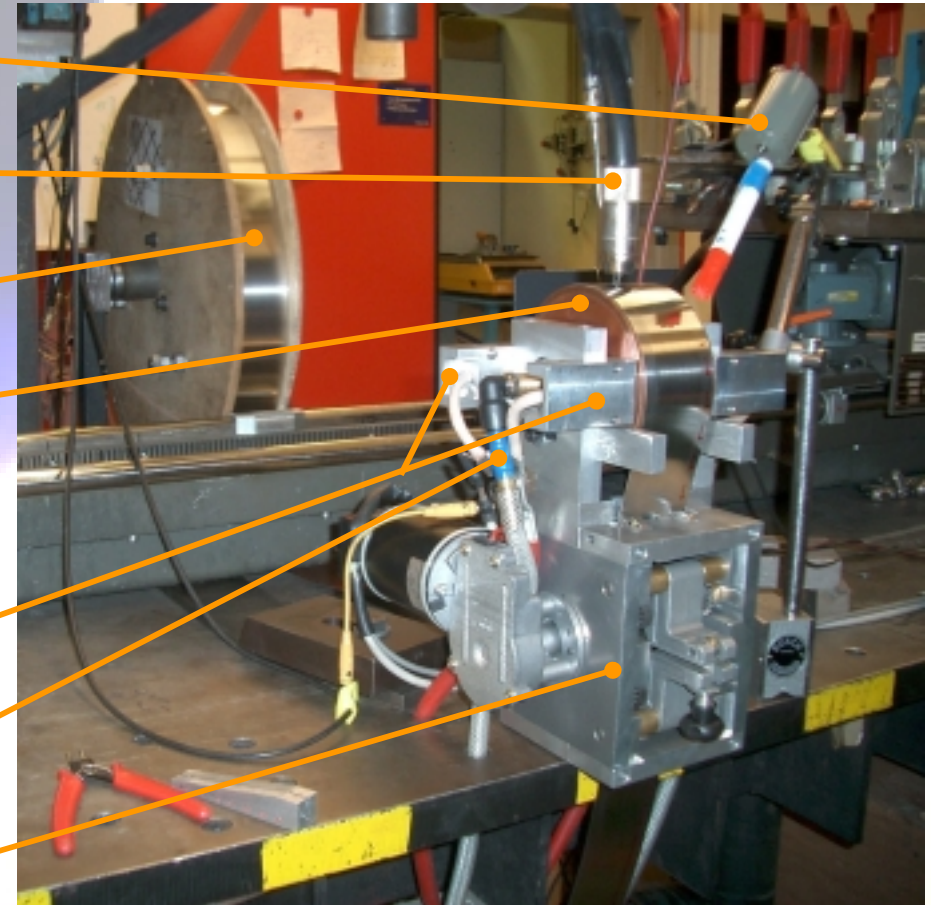
Kupfertrommel

Stahltrommel

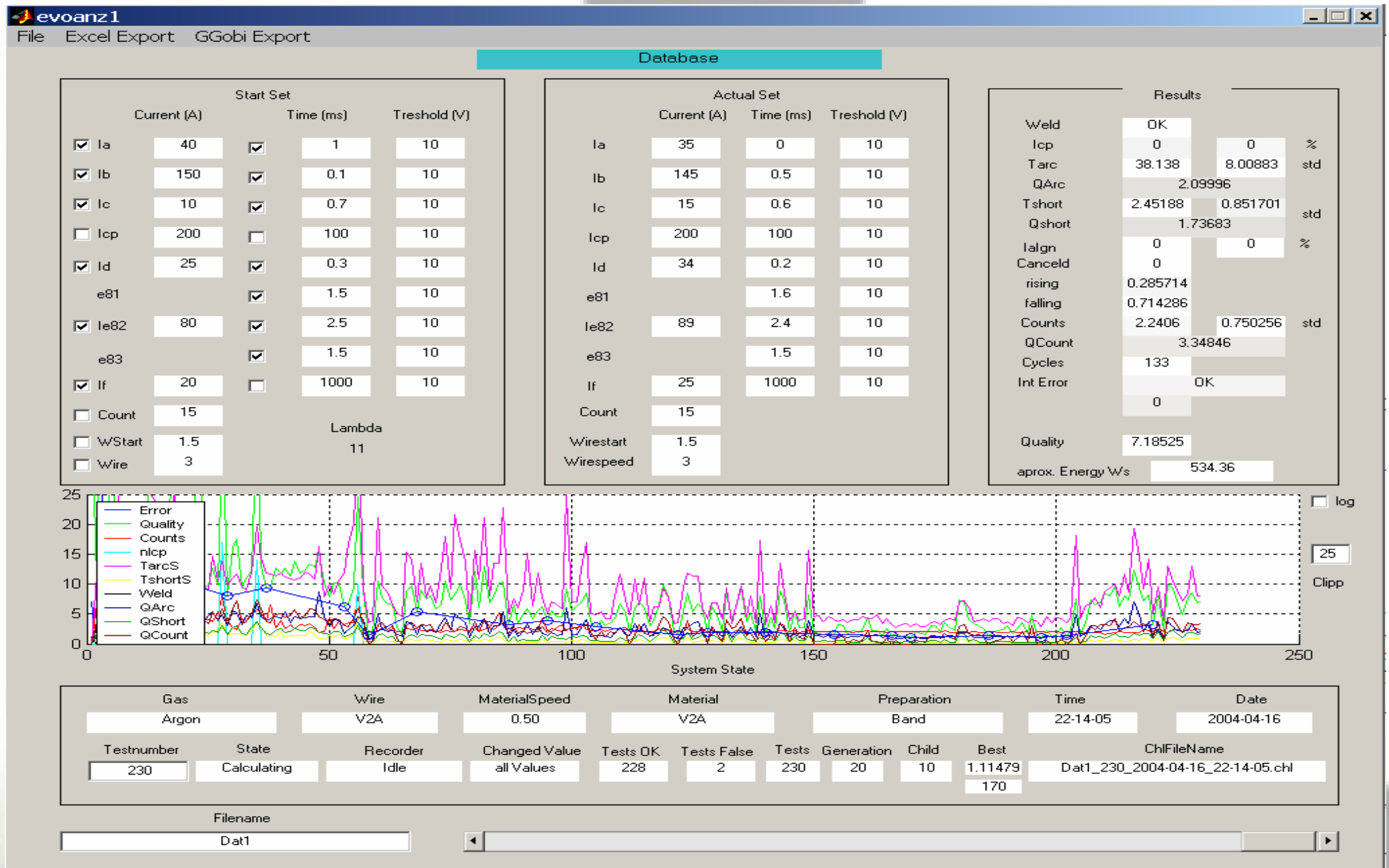
Stromrückführung

Wasserkühlung

Blechtransportein.





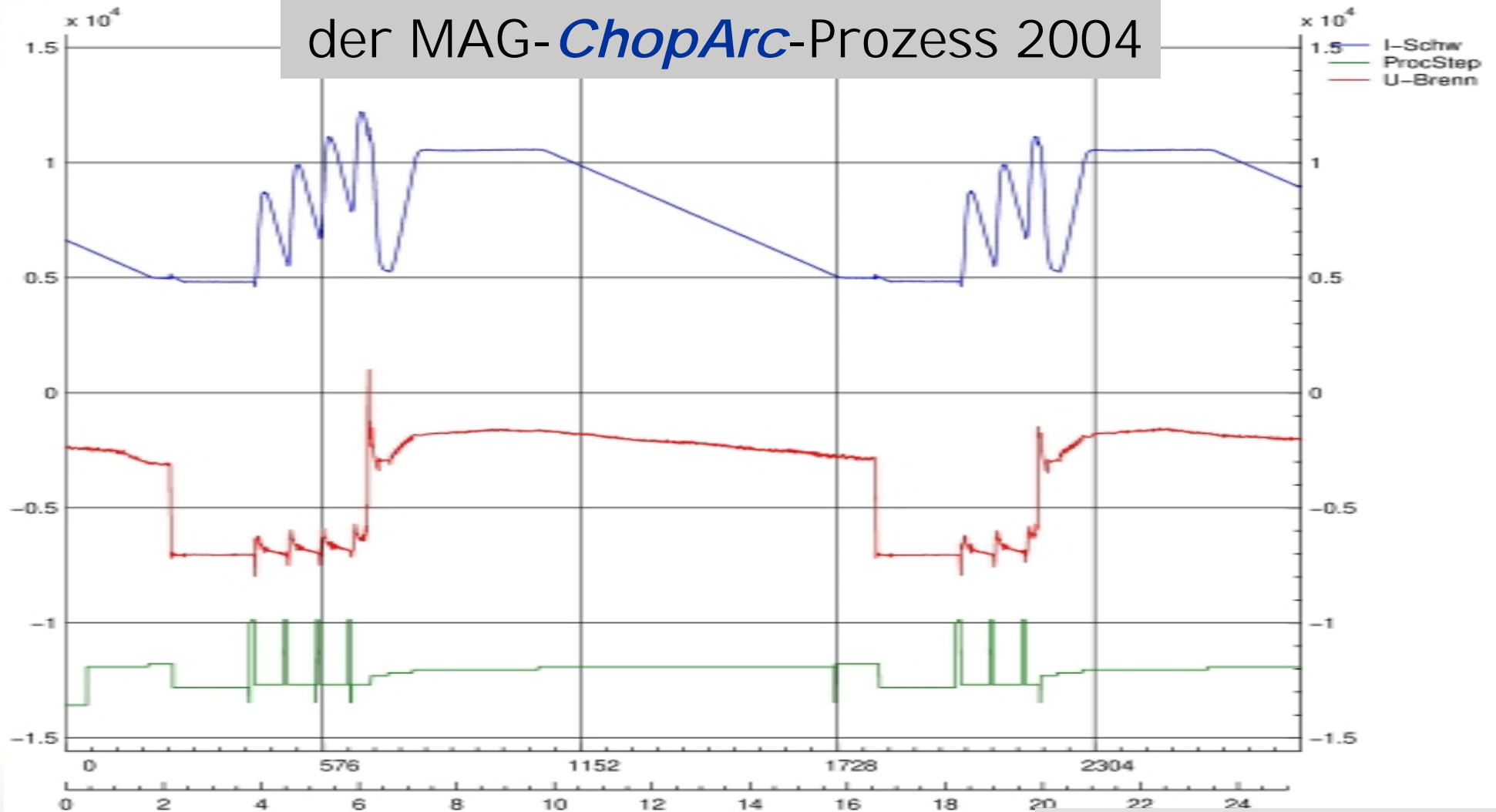


Dr. M. Langula, 2004

	Temperatur		Enthalpie	
	Schmelzen	Sieden	Schmelzen	Sieden
	K	K	$\text{kJ mol}^{-1}$	$\text{kJ mol}^{-1}$
Zn	693	1.180	7,3	115,5
Al	934	2.740	10,7	193,7
Cu	1.357	2.840	13,0	304,6
Mg	922	1.380	8,9	128,7
Si	1.683	2.628	46,5	439,0

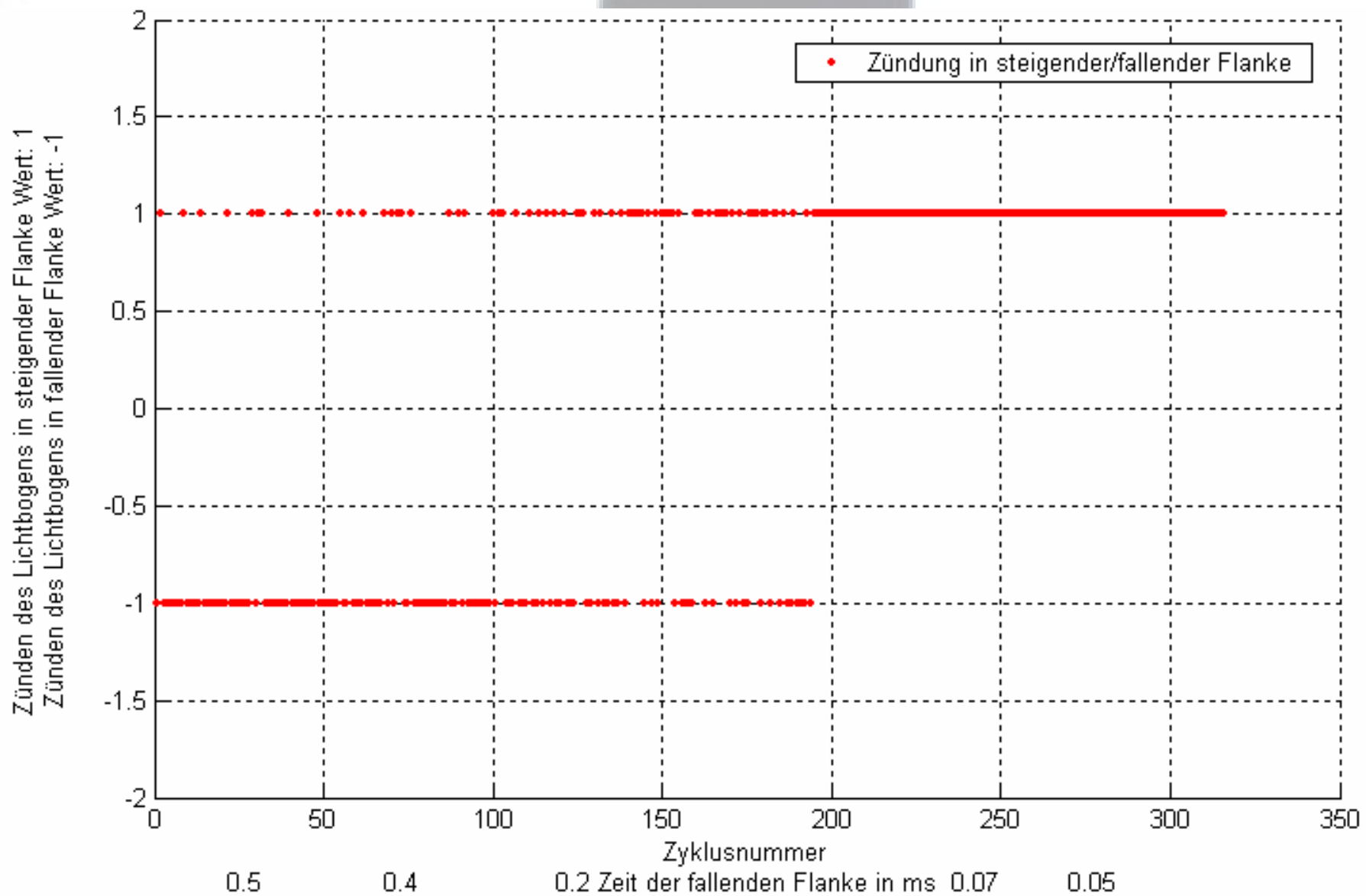
- Aluminium-Silizium-Legierungen: AlSi 5 ... AlSi 12
- Zink-Aluminium-Legierungen: ZnAl 2 ... ZnAl 12
  - Löten von verzinktem Stahl
  - Mischverbindungen von verzinktem Stahl mit Aluminiumlegierungen, Schweißen auf Al-Seite und Löten auf Stahlseite

## der MAG-*ChopArc*-Prozess 2004



0,5 mm CrNi-Bsch, 1.4316  
0,8 mm CrNi-Daht, 1.4551

Patentiert (Goecke/Hübner): DE 10120744.1 , PCT/EP02/04416 sowie EP, US, JP, H, Tch





*10.000 B/s*

Aluminiumbronze: 0,8 mm CuAl5Ni2, Argon + 2 % CO<sub>2</sub>  
0,7 mm verzinkter Stahl, 54 g/m<sup>2</sup> Zn

Weltweit erstmalig können 0,20 mm dicke Stahlbleche im MSG-Prozess mit dem ChopArc-Schweißen geschweißt werden. Das ChopArc-Löten eignet sich hervorragend zum Fügen verzinkter Stähle.

Vorteile des **ChopArc** gegenüber dem herkömmlichen MAG-Kurzlichtbogen:

- weitgehend spritzerfreie Werkstücke
- glatte und porenfreie Nahtraupen
- sehr geringer Bauteilverzug
- minimales Abdampfen von Beschichtungen

Mit dem interdisziplinären Ansatz in dem Verbundprojekt aus Plasmaanalytik, Simulation und Experiment wird erstmalig ein „geregelter Kurzlichtbogen“ realisiert, dessen Prozessregelungssystem Störgrößen in Echtzeit mittels evolutionärer Qualitätsoptimierung eliminiert.

Mischverbindungen aus Aluminium und Stahl werden mit der Verarbeitung von Zinkdraht im **ChopArc** durch den Einsatz der Kurzschlussbehandlung „Sägen“ erstmalig möglich.