

### **4.8.3 Adaptive Multisensorik und Analyse zur Erfassung und Optimierung der Prozessqualität (ADAMUS)<sup>1</sup>**

(Projektlaufzeit: 01.04.2001 – 31.2.2003)

*Michael Langula (GfaI), Gerd Heinz (GfaI), Sven Goecke (TU Berlin)*

#### **Teilziel**

Im Teilprojekt ADAMUS sind erweiterte, multisensorische Möglichkeiten der Prozessanalyse zu schaffen. Ausgehend davon sollen bei den Projektpartnern erweiterte Prozessanalysen vorgenommen werden mit der Zielstellung, den Bereich erkennbarer Merkmale insbesondere in der zeitlichen Dimension zu erweitern. Ist dies geschehen, ist ein geeignetes Prozessmodell zu entwickeln auf dessen Basis ein prototypischer Regler entstehen soll.

Dieses Prozessregelmodul hat die Aufgabe, ein Monitoring des Schweißprozesses online, in Echtzeit hinsichtlich der Prozessqualität zu ermöglichen.

Dazu sollen in einer ersten Analysephase sämtliche verfügbaren Informationen, wie zeitlich hochaufgelöste Erfassung z.B. 2-D Filmaufnahme des Lichtbogenplasmas, Spektralanalyse, 2-D Schmelzbadtemperatur und -geometrie, transiente Lichtbogenstrom- und Spannungswerte, 3-D Profil der erstarrten Schweißnaht aufgezeichnet und zugeordnet werden.

In der zweiten Phase werden über eine Modellbildung die Prozessdaten aufbereitet. Aus der Korrelation zwischen Prozessdatensätzen soll eine Selektion prozesskritischer Merkmale hervorgehen, die es gestattet, eine Aussage über die Prozessqualität zu erhalten. Mit ihrer Regelung – zur Optimierung der Prozessqualität entwickelt, die während des Schweißprozesses kontinuierlich wirken soll.

In der dritten Phase soll ein geeigneter Prototyp entstehen. Hierfür soll eine beschränkte Auswahl der unter 1. verwendeten Prozessinformationen erreicht werden. Als Ziel wird ein System angestrebt, das sich auf die Erfassung und Analyse ausschließlich der elektrischen Prozessgrößen beschränkt. Auf dieser Basis wird die Realisation und Implementierung des adaptiven Prozessregelmoduls für die relevanten Variablen in Abhängigkeit der spezifischen Werkstoffeigenschaften sowie der Störungseinflüsse in Form eines Prototypen beabsichtigt.

Eine besondere Spezifik besteht darin, dass der Prozessregler in Echtzeit arbeiten muss. Dazu sind bereits in der Modellbildungsphase Algorithmen zu entwickeln, die eine schnelle Implementierbarkeit auf einen digitalen Signalprozessor (DSP) mit begrenztem Speicher, begrenzter Registerzahl, begrenzter Rechenleistung und spezifischer Architektur gestattet. Ansätze für ein Echtzeit-Betriebssystem sind zu implementieren. Die Hardwarestruktur ist so zu entwickeln, dass problemangepasst eine optimale Leistungsentfaltung gewährleistet werden soll. Insbesondere ist ein Message-Modell zu entwickeln, mit dem Nachrichten (Werte) in den Prozess so eingekoppelt werden können, dass sie nicht zu Synchronitätsverlust zwischen Programm und Prozess führen.

#### **Messergebnisse zur Merkmalsgewinnung**

Die ersten Messungen in Zusammenarbeit mit der TU-Berlin zur Merkmalsgewinnung wurden mit dem speziell im Projekt entwickelten Multichannel-Datenrecorder durchgeführt. Zur Untersuchung wurden verschiedene Schweißstromquellen verwendet:

1. ChopArc-Maschine Magdeburg
2. Megapuls II (Impulslichtbogen)

---

<sup>1</sup> ADAMUS ist ein Teilprojekt im Verbundvorhaben „Entwicklung einer neuartigen, integralen Lichtbogenfügetechnologie für Anforderungen im Ultraleichtbau am Beispiel Fahrzeug—Bodengruppe“ (ChopArc). Verbundpartner sind die TU Berlin; INP Greifswald e. V.; REHM Schweißtechnik GmbH, Utingen; Volkswagen AG, Wolfsburg; DFDRC GmbH, Berlin.

Das Projekt wird durch das BMBF unter dem Förderkennzeichen: 02PP2485 gefördert.

## 3. Megapuls Vario (Impulslichtbogen)

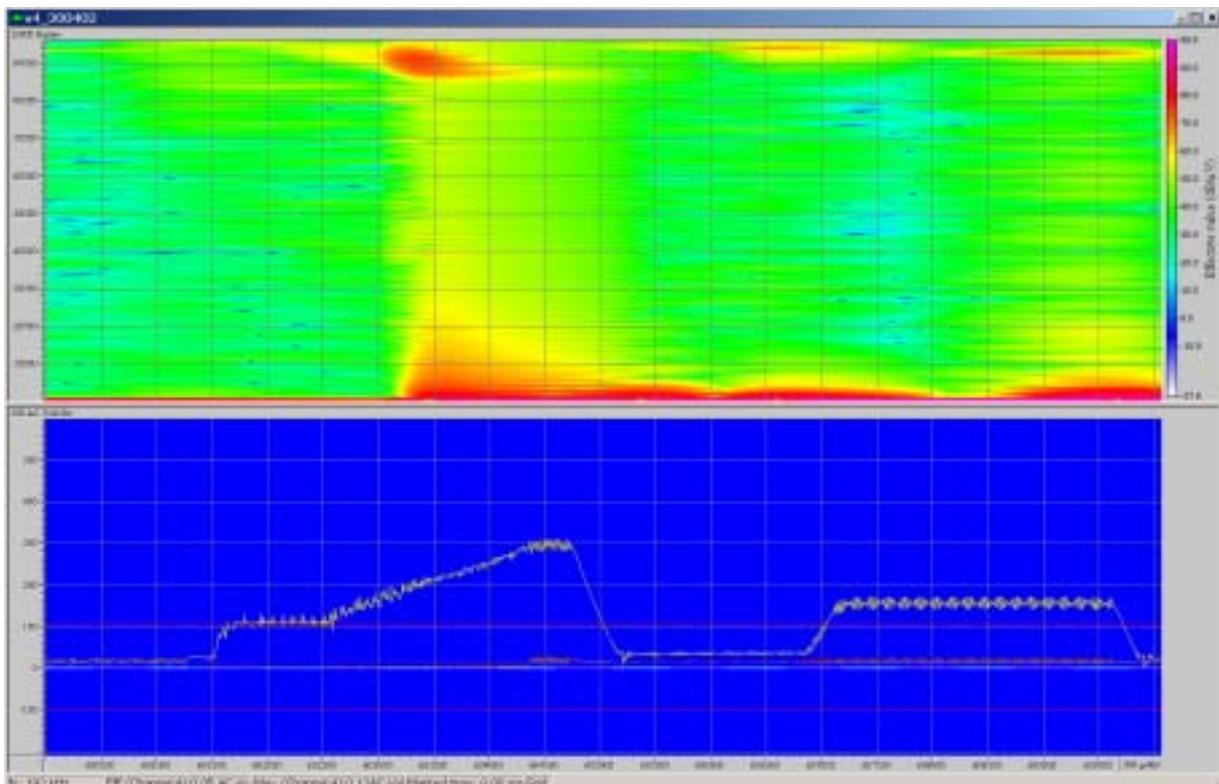
## 4. Hyperpuls V1 (ChopArc)

Mit diesen Maschinen wurden Schweiß- und Lötversuche auf verzinktem Stahlblech durchgeführt.

Die von der TU-Magdeburg entwickelte Maschine dient als Referenz für den Prozess. Durch die auf 20kHz begrenzte interne Taktung und den durchgehend analog aufgebauten Regler kann diese Maschine nicht durch ein digitales Modul erweitert werden und auf den Prozess nicht mit der gewünschten Schnelligkeit reagieren.

Die Versuche mit der MegaPuls II dienen der Kalibrierung der Messtechnik und der Beobachtung möglicher Merkmale.

Die Hyperpuls als speziell auf das Verfahren abgestimmte Versuchsmaschine ist durch einen 100kHz StepDown-Leistungsteil und die digitale Einstellbarkeit der Prozessschritte gekennzeichnet. Damit wurden weiterhin Versuche zur Analyse der internen Prozessschritte, der Gewinnung von Merkmalen und der auftretenden Störungen durchgeführt.



**Bild:** Das dem Datensatz zugeordnete Spektrogramm zeigt die Frequenzaufteilung des Schweißstromes. Erkennbar ist die bei Arbeitsfrequenz des Reglers von 90 bis 100kHz und die starken Störungen im Bereich von 603 bis 605.

Den Prozeß qualitativ beeinflussende Merkmale wurden bestimmt. Die quantitativen Einflüsse dieser Größen und mögliche Regelverfahren müssen noch erarbeitet werden. Eine Modifikation der Maschinensteuerung ist dazu zwingend notwendig.

Weiterhin wurde erkannt, dass die Dynamik der Schweiß-Stromquelle und deren Steuerung verbessert werden muss.

Für den im Projekt angedachten ADAMUS-Regler soll möglichst wenig zusätzliche externe Sensorik eingesetzt werden.