

ChopArc

Verbundprojekt im
„Ultraleichtbau“ des bmb+f



Laufzeit des Verbundprojektes: 1.4.2001 - 31.9.2004

Forschungsprojekt

**Entwicklung einer neuartigen integralen
Lichtbogenfügetechnologie für die
besonderen Anforderungen im Ultraleichtbau
am Beispiel eines Automobilzulieferers:
„ChopArc“**

unter der Trägerschaft des Forschungszentrums Karlsruhe

Die Firma

- 1974 Firmengründung durch Georg Rehm
- 1978 Firmenübernahme durch Herrn Hornung und Herrn Stumpp
- 1980 Beginn von Eigenentwicklungen
- 1997 Zertifizierung nach DIN EN ISO 9001
- 2001 Umsatzrekord von 17 Mio. Euro



Unsere Kernkompetenz

- Entwicklung, Produktion und Vertrieb von Elektroschweiß- und -schneidanlagen.
- Schweißtechnischer Gesamtservice
- Vertrieb von Schweißzubehör und Werkstoffe
- Technologischer Vorsprung durch kompetente Anwendungstechnik

Projektüberblick Ultraleichtbau

- Hintergrund
 - durch Gewichtseinsparung Ressourcen schonen und wirtschaftliche Fügeverfahren für neue Materialien und Anwendungen finden
- Woher kommt die Projektidee
 - Auf den Karlsruher Arbeitstagen 2000 wurde die Idee als Fortführung des Forschungsprojektes „intelligenter Lichtbogen“ im Rahmen von UL geboren

Anforderungen an moderne Schweißprozesse

- Wirtschaftlichkeit durch geringen Material- und Ressourceneinsatz
- Gewichtsreduzierung, Fügen dünnerer, leichter Bleche
- Umweltschonung
- Fügen neuer Materialien
- Linienartiges Fügen bei hoher dynamischer Beanspruchung
- Qualität in Prozess und Verbindung

⇒ neues Schweißverfahren erforderlich

⇒ ChopArc

Vision mit der neuen Technik -> Motivation von REHM

- Minimierung der Nahtvor- und -nacharbeit durch optimierten Energieeintrag.
- Durch minimale Wärmezufuhr wird eine hohe Qualität erreicht \Rightarrow geringster Verzug, Poren- und Spritzerfreiheit bei gleichzeitig geringen Fertigungskosten.
- Prozessqualitätsoptimierung durch prozessaktives Überwachungs- und Regelungssystem \Rightarrow andere Prüfmethoden der Fügetechnik können substituiert werden
- Die bisherigen Grenzen des bekannten MAG-Verfahrens werden durchbrochen, so dass mit dem ChopArc das Verbinden von Blechen unter 0,5 mm möglich ist.
- Die Modifikation des MAG-Prozesses ermöglicht das Schweißen und Löten von Dünnstblech (kleiner 0,5 mm)
- Werkstofftoleranzen \Rightarrow gute Spaltüberbrückbarkeit

Chancen im Markt mit ChopArc

- Aussichten nach Projektende
 - Das ChopArc-Verfahren eröffnet neue Möglichkeiten im Ultraleichtbau: Mischbau, Verbinden neuer Materialien, dünnere Rohre/Bleche, wirtschaftlicheres Schweißen, qualitätsoptimierter MAG-Prozess.....
- Absehbare Folgen und Probleme
 - Serienreife, wirtschaftliche Herstellungskosten, komplexes System jedoch einfache Handhabung

Teilaufgaben der Fa. REHM im Verbundprojekt

- frühzeitiges Bereitstellen einer Versuchsmaschine für die Forschungsgruppe
- ständiges Anpassen der Forschermaschine an die Forschungsbedürfnisse
- Es müssen Experimentiermodis als Zwischenlösungen für die Projektarbeit geschaffen werden
- Entwicklung einer „intelligenten und hochdynamischen“ Stromquelle
- Implementierung einer in Echtzeit frei konfigurierbaren und parametrisierbaren Schnittstelle für übergeordnete Rechnersysteme zur Prozessoptimierung mit GFAI
- Bereitstellen von Prozessorleistung und Schnittstellen für die neuartige inprozessaktive Überwachung bzw. Prozessbeeinflussung, unabhängig von äußeren Störungen
- Design einer Hochleistungsrechnerbaugruppe zur hardwaremäßigen Umsetzung des Prozesses, welcher in Multiprozessorsysteme integriert werden kann

Teilaufgaben der Fa. REHM Teil2:

- Erarbeiten eines ganzheitlichen Stromquellenkonzeptes für eine universell einsetzbare und frei programmierbare Schweiss-Stromquelle
(Konzeptmerkmale: Leistungsklasse, Dynamik, Reglerstruktur, geeignete Topologie des Leistungsteils, Abschätzen und Festlegen der Rechnerperformance)
- Implementierung von Schnittstellen zur interaktiven Prozesskontrolle, -regelung und Verfahrensänderung.
- Implementierung von Automatisierungsschnittstellen zu Robotern, Feldbussystemen etc.
- Pilothafte Umsetzung der Forschungsergebnisse am Beispiel eines Automobilzulieferers

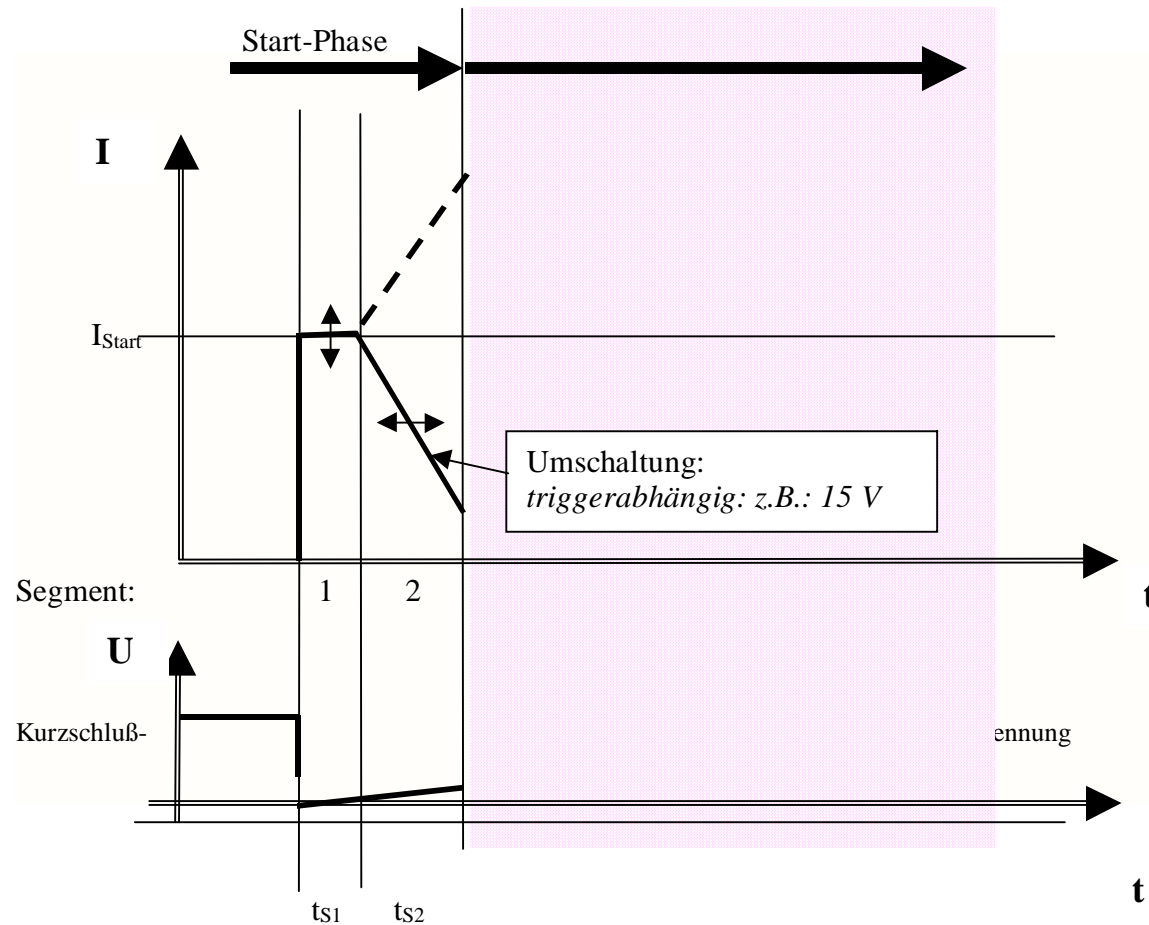
1. Phase: Aktivitäten in der Forschungsphase

- Es wurden an Serienmaschinen Detailanforderungen realisiert, die in verschiedenen **Workshops** zwischen Forschungspartnern festgelegt wurden.
 - **Herausarbeiten der physikalischen und technischen Grenzen** der neuartigen integralen Lichtbogen-Fügetechnologie:
100 μ s-Zeitscheiben (seither ca. 300 μ s)
 - **“Virtuelle Schweißmaschine”**:
Pulsstromquelle mit 500 A und
separatem Drahtvorschubkoffer:
4-Rollen-Antrieb mit Push-Pull-Schweißbrenner
 - **Erg: 100 μ s Regelzeit (Reaktionszeit) nicht ausreichend**



KLB-System:

Start-Bedingung:



Probleme:

- Reaktionszeit
- saubere

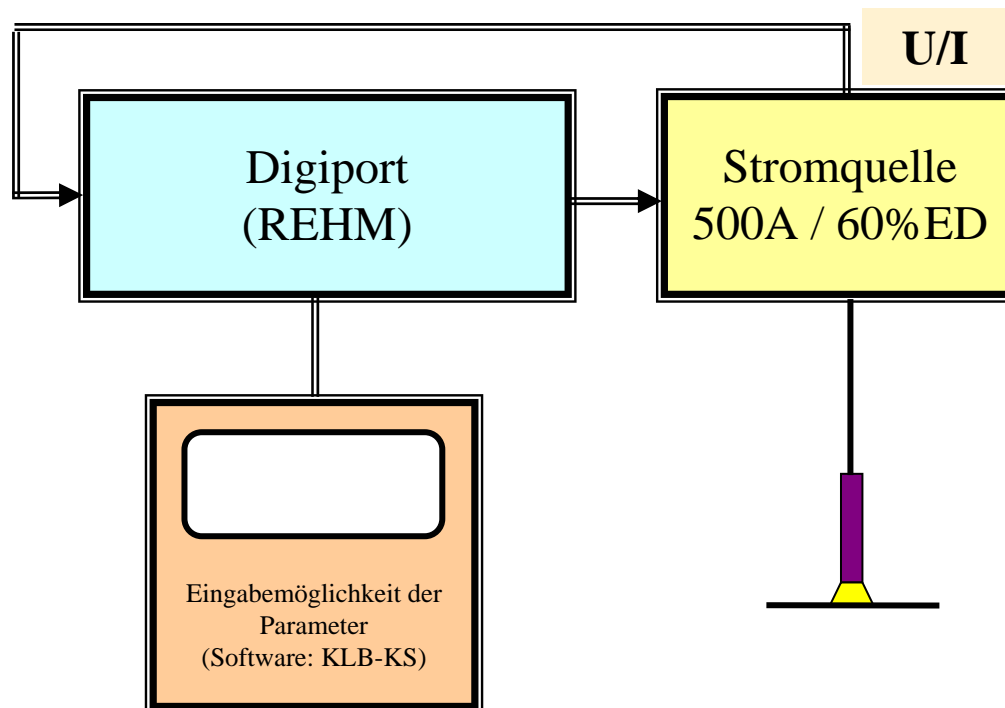
Detektierung des
Kurzschlusses

2. Phase: Aktivitäten in der Forschungsphase

“Virtuelle Schweißmaschine”: HyperPuls 500 W

- **Konzepterweiterung**
mit dem Fokus auf Dynamik und Zeitablauf
(50 μ s-Zeitscheiben-Modell)
- **Freimodulierbare Stromquelle** Hyperpuls 500 W mit einer PC-Schnittstelle (parallele Schnittstelle) incl. einer REHM-Software mit einer Windows-Bediener-Oberfläche
- **Entwicklung** eines Drahtvorschubkoffers für die HyperPuls 500 W mit eigener Elektroniksteuerung und Versorgung

3. Phase: Die REHM - Schweißanlage: HyperPuls 500 W



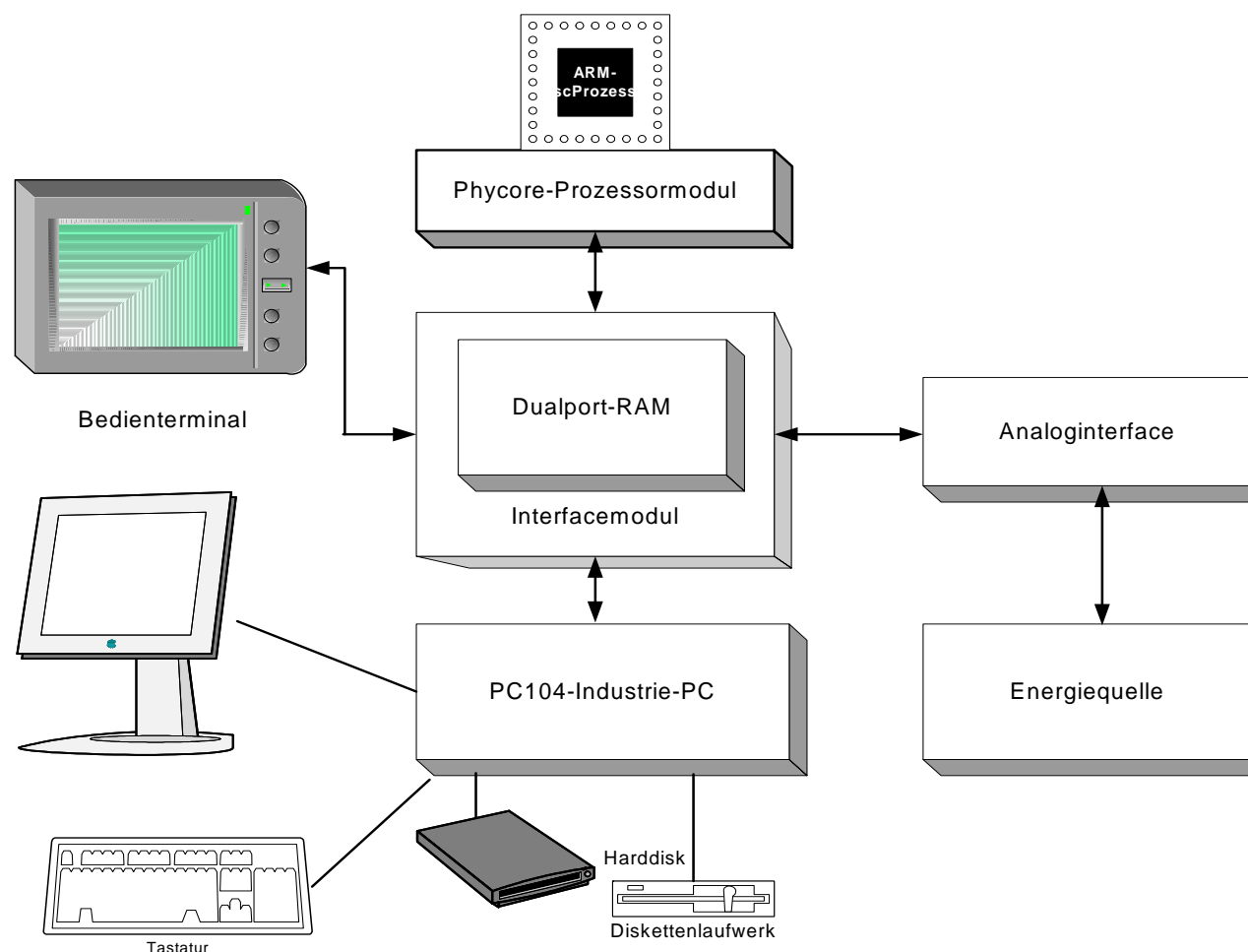
Versuchsaufbau

- Stromquelle: 500 A bei 60 % ED
- Digiport (REHM)
- Eingabemöglichkeit der Parameter auf Windows-Ebene über eine parallele Schnittstelle (PC)

Vorteile

- Zeitscheiben-Modell
- physikalische Parametereingabe
- die Zykluszeiten wurden wesentlich reduziert: < 50 μ s
- hochdynamische Schweißprozesse einstellbar

Versuchssystem REHM/GFaI-ARM



Schiek/Dr.Langula

Ultraleichtbau - Version: *Bediener-Oberfläche KLB KS 22*

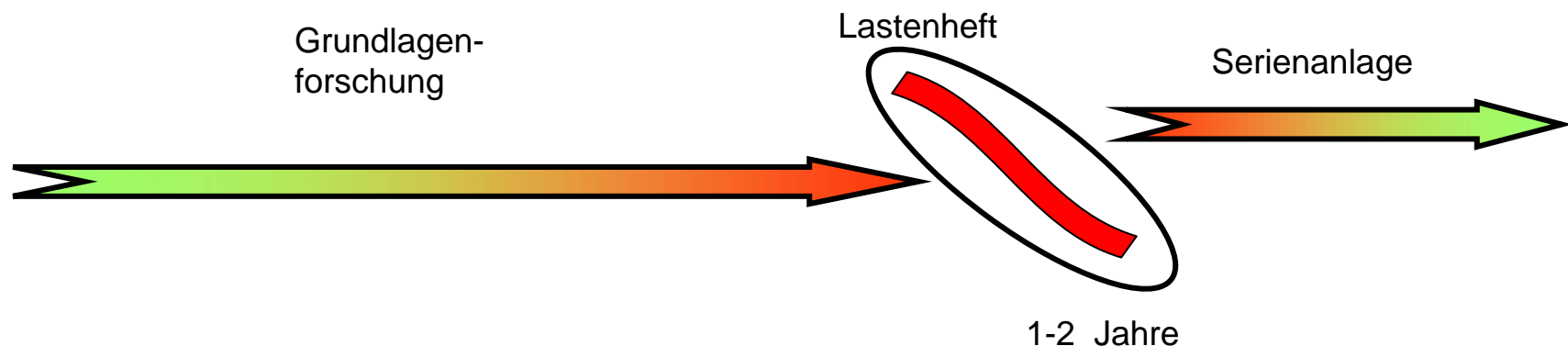
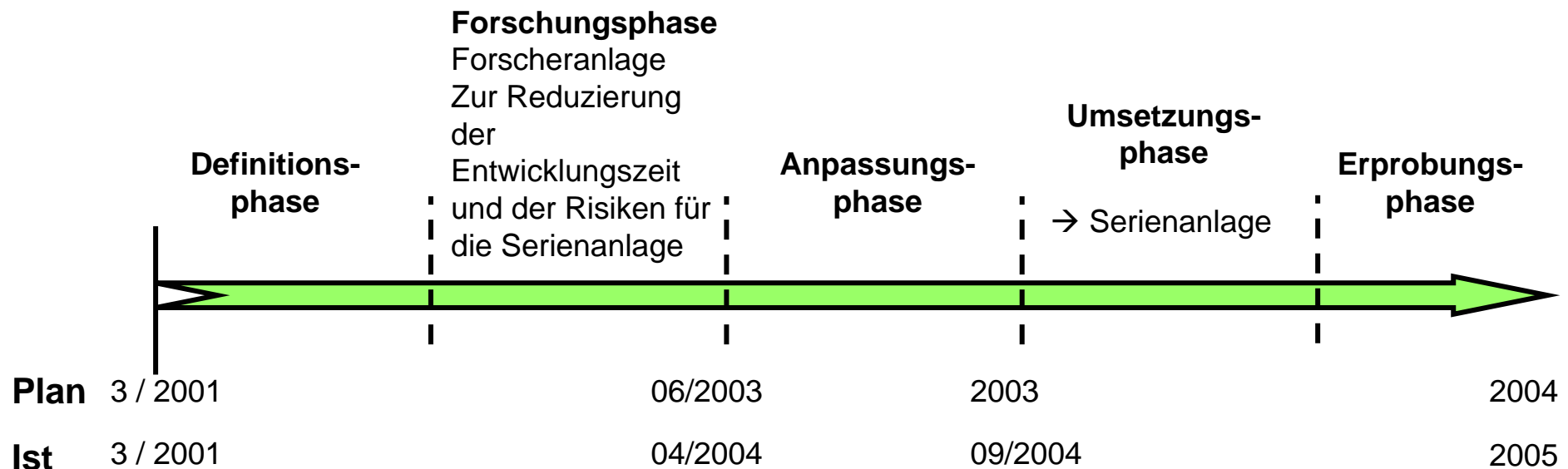
Bedienprogramm KLB-KS		Zykluszeit: 50 µs		KLB-KS 2.2			
Seg. 1	US1_BIT - 0 +	US1 - 509 +	I_START - 203 +	t-s1 (ms) - 4 +			
Seg. 2	US2_BIT - 0 +	US2 - 50 +	I_START - 203 +	t-s2 (x10ms) - 10 +	I_a 100	I_2Bit 0	I_2inc 0.05152
Seg. 3	U3_BIT - 0 +	U3 - 50 +	I_a - 100 +	t-a (x50µs) - 3 +			
Seg. 4	U4_BIT - 1 +	U4 - 50 +	I_b - 170 +	t-4 (x50µs) - 20 +	I_c 220	I_4Bit 1	I_4inc 2.63157
Seg. 5	U5_BIT - 1 +	U5 - 50 +	I_c - 220 +	t-c (x50µs) - 100 +			
Seg. 6	U6_BIT - 1 +	U6 - 50 +	I_zp - 400 +	t-zp (ms) - 100 +			
Seg. 7	U7_BIT - 0 +	U7 - 50 +	I_d - 150 +	t-d (x50µs) - 2 +			
Seg. 8.1	U81_BIT - 1 +	U81 - 1000 +	I_d - 150 +	t-e1 (x50µs) - 0 +	I_e 390	I_81Bit 1	I_81inc 0
Seg. 8.2	U82_BIT - 1 +	U82 - 1000 +	I_e - 390 +	t-e2 (x50µs) - 0 +			
Seg. 8.3	U83_BIT - 0 +	U83 - 1000 +	I_e - 390 +	t-e3 (x50µs) - 0 +	I_f 20	I_83Bit 0	I_83inc 0
Seg. 9	U9_BIT - 0 +	U9 - 50 +	I_f - 20 +	t-f (ms) - 200 +			

BUS

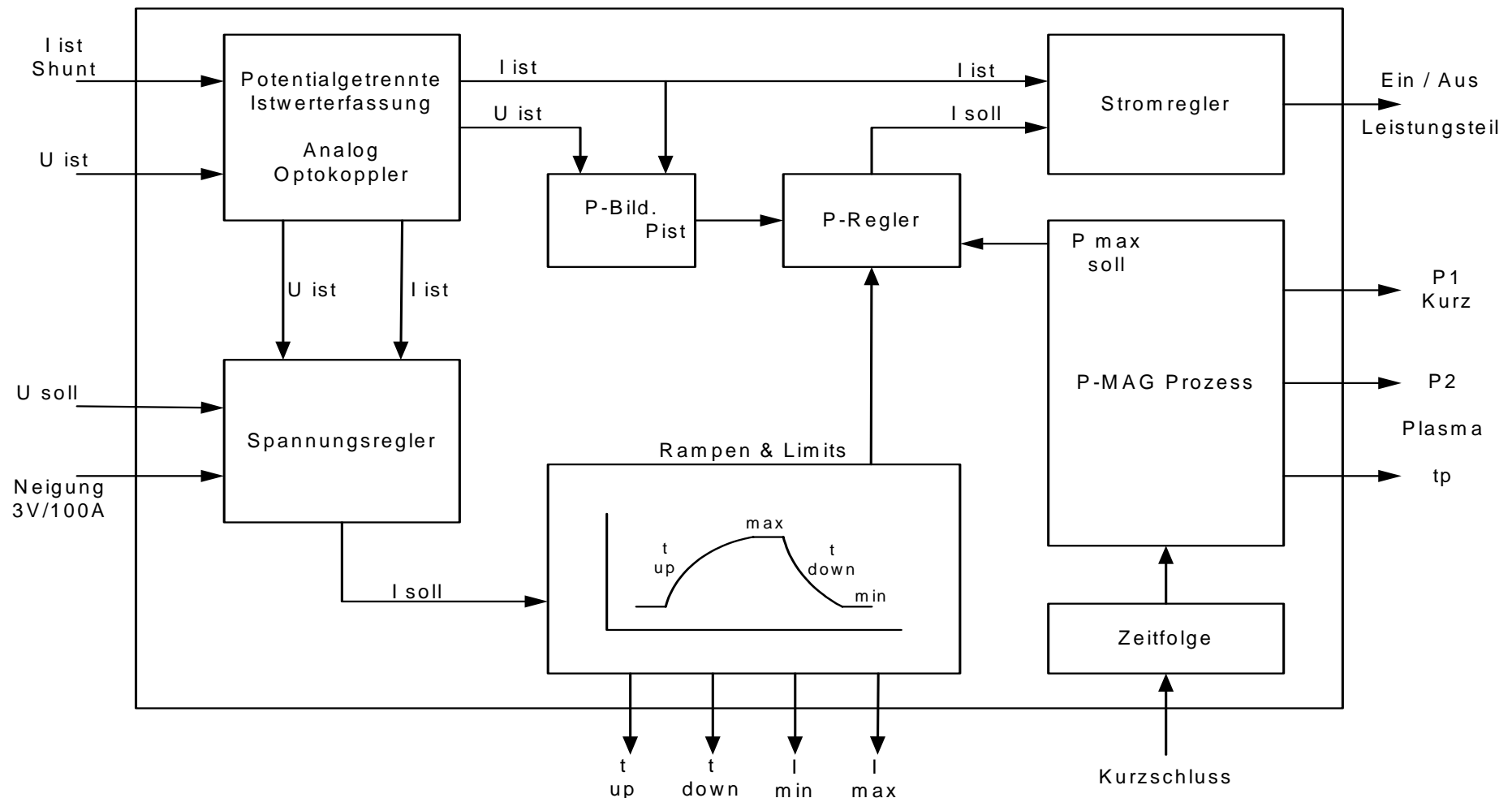
RUN

- Anzahl der Zeitscheiben: 9 bzw. 11
- Zeitscheiben:
einzeln mit fester Zeit ablaufbar oder über **U** triggerbar, d.h.:
 - bei Unterschreitung wird die Zeitscheibe abgebrochen bzw.
 - bei Überschreitung wird die Zeitscheibe abgebrochen
- Zeitscheiben:
Abmeldung möglich
Vorteil: Zeitgewinn
- Zeitscheiben
werden bei vorliegendem Trigger übersprungen
Vorteil: Zeitgewinn








Ultraleichtbau - Projektverlauf









Phase 3: neuer Ansatz mit MMS-Struktur und 10 μ sec Regelzeit



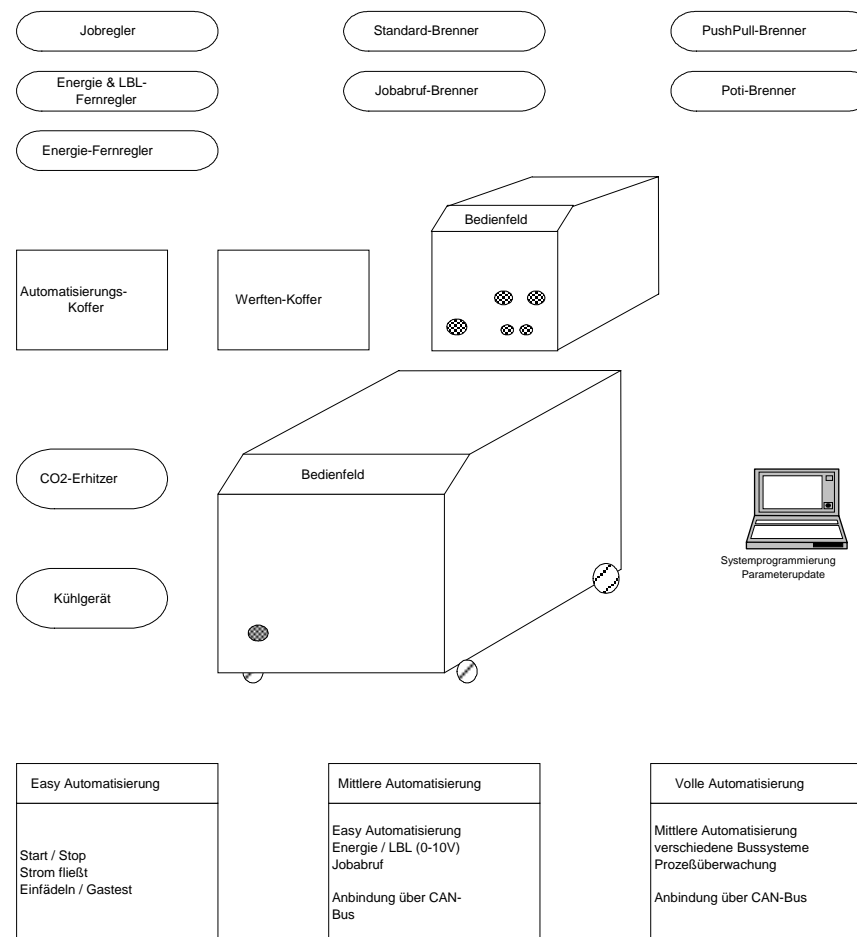
Was wurde für die Forschungsphase geleistet:

- Design der neuen digitalen Choppersteuerung (DCS) 
- Strukturanalyse für neues Produktprogramm mit Elementen aus dem Forschungsprojekt “Ultraleichtbau“ 
- Machbarkeitsstudie mit CAN-Bus Vernetzung 
- Entwicklung eines industrietauglichen Leistungsreglers 
- Auswahl von Prozessorsystemen 
- Spezifikation der Schnittstelle zu “Adamus“ (GFal) 
- mehrere Überarbeitungen der digitalen Prozessreglerkarte 

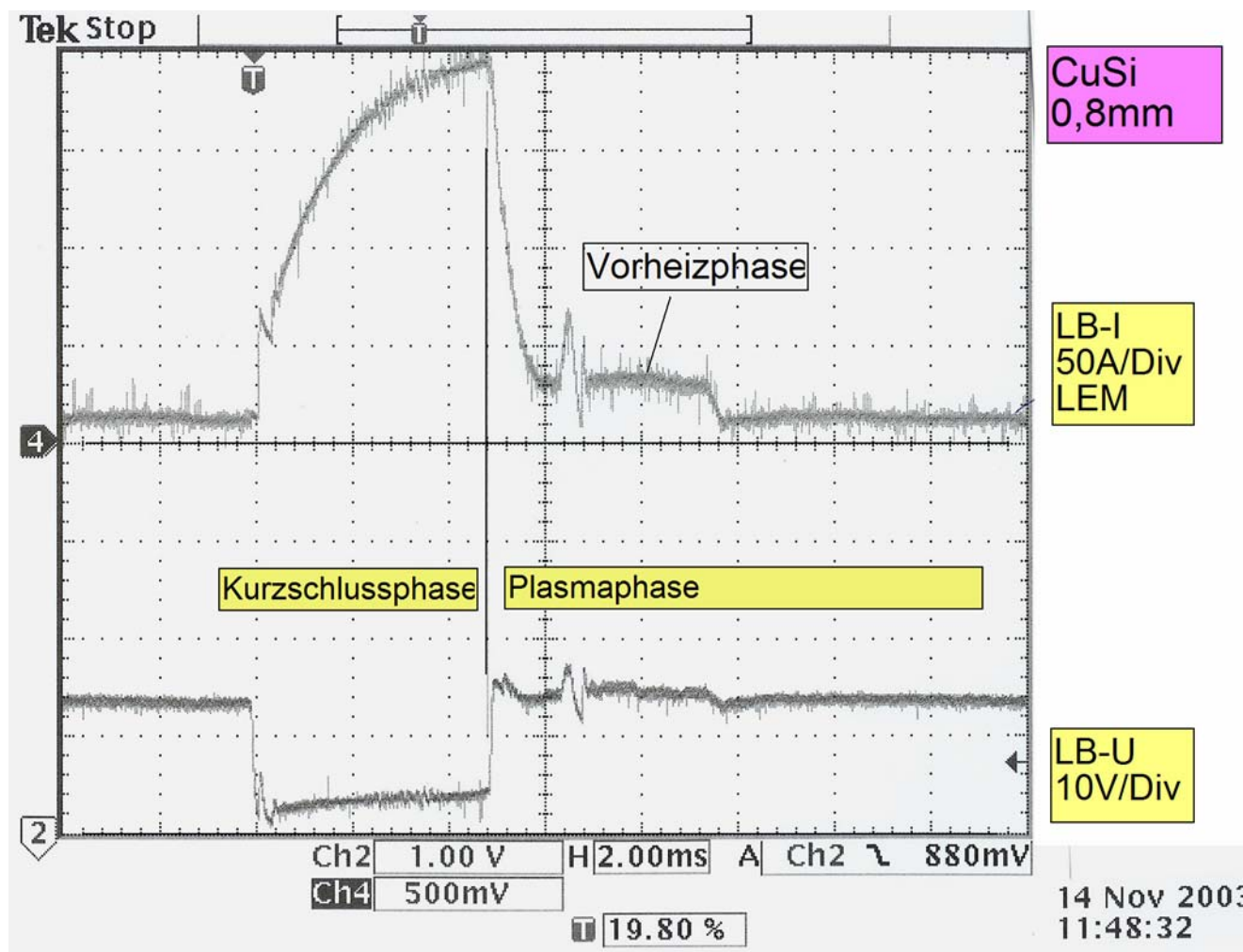
Was wurde für die Forschungsphase geleistet (Teil 2):

- Inbetriebnahme der DCS-Prozessreglerkarte 
- Programmierung und Implementierung des CAN-Busnetzwerks 
- Erstellung eines Projektplans für die Prototypen-Stromquelle des Pilotanwenders "ArvinMeritor" 
- Systemintegration der digitalen Prozessreglerkarte mit RISC Rechnersystem von GFAI 
- Systemintegration DCS in „ChopArc Demonstrator“ 
- erster Lichtbogen mit neuartigem Leistungsregler 

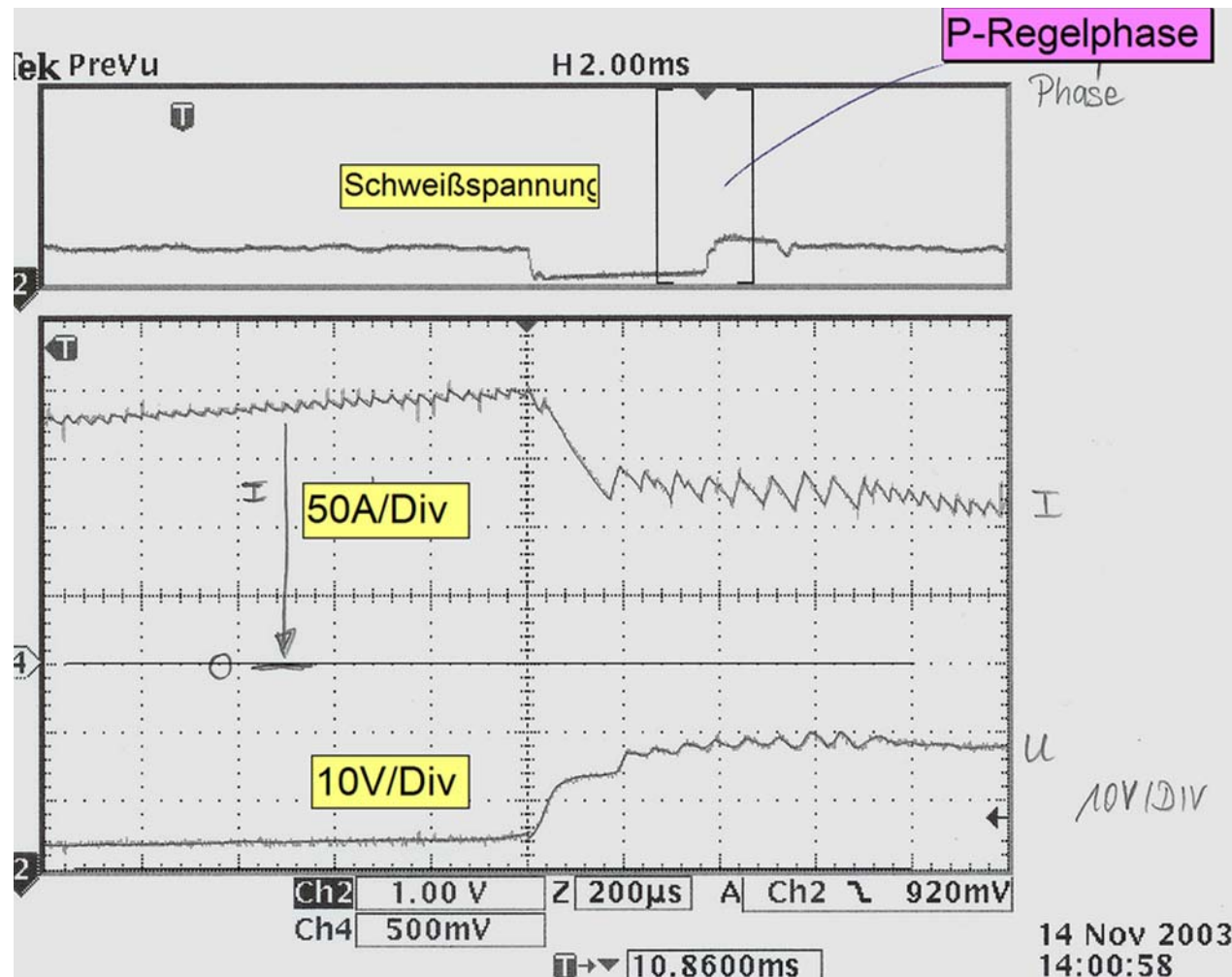
Produktplattform: ChopArc Gerätefamilie



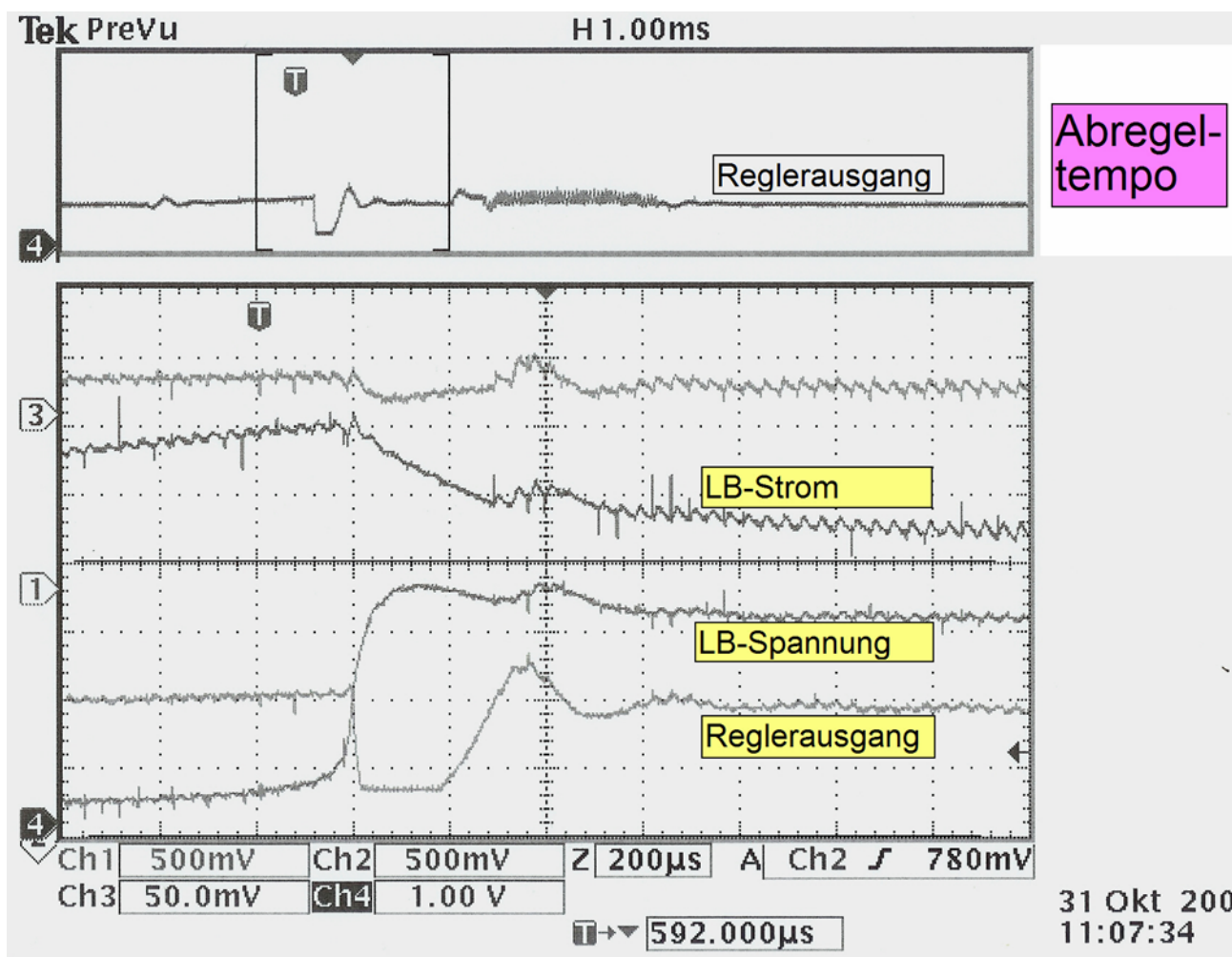
P-MAG-Prozess



P-MAG-Prozess



P-MAG-Prozess



Innovation der neuen Prozessreglerkarte DCS Teil 1:

- **Neuer Ansatz über Leistungsregelung**
- **hochdynamische Istwerterfassung**
- **schnellste Reaktionszeit auf Kurzschluß und Plasmazündung**
- **Regelungszeit (Strom 2µs, Spannung 10µs, Leistung 3µs)**
- **Offenes System über CAN-Bus für :
Automatisierung, Schweißqualitätssystem, Online-Optimierung**

Innovation der neuen Prozessreglerkarte DCS Teil 2:

- **dynamische Reglerkonfiguration mit adaptiver Strukturanpassung (Ereignisgesteuerter Wechsel von Strom-, Spannung- und Leistungsregelung)**
- **konkurrenzfähiger Preis trotz erheblichen Funktions- und Topologievorteilen**
- **zukunftsweisender Ansatz für eine neue Generation von Schweißstromquellen**

Die wesentlichen Neuerungen des hochdynamischen Leistungsteils:

Ergebnis:

Dieser neue Leistungsregler ist realisiert und erlaubt eine Reaktionszeit von kleiner 10µ Sekunden.

Historie:

MegaPuls (bei Projektstart):

ca. 300 µsec

1. Phase:

ca. 100 µsec

2. Phase:

ca. 60 µsec

3. Phase:

ca. 20 µsec

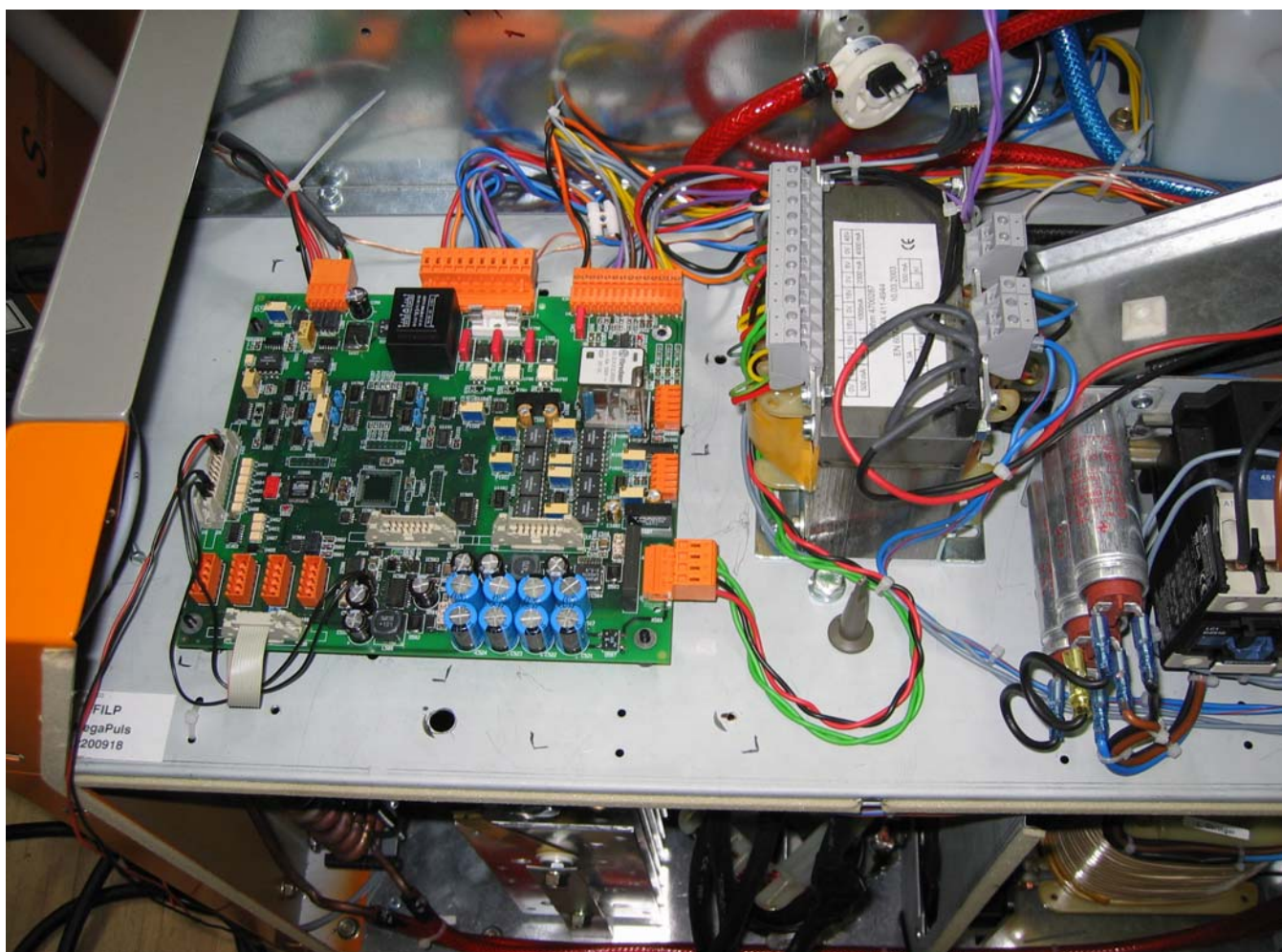
DCS:

ca. 2 µsec bei Strom

ca. 10 µsec bei Spannung

ca. 3 µsec bei Leistung

Demonstrator mit Prozessregelkarte DCS



Verwertungsplan Teil:

Mit dem neuen Leistungsregler konnte der Labornachweis für die Vorteile des ChopArc Fügeprozesses erbracht werden.

Die wesentlichen Vorteile sind:

- **Dünnblechschweißen**
- **Nahezu spritzerfreies Schweißen -> weniger Nacharbeit**
- **Wärmearmes Schweißen -> weniger Löcher in dünnen Blechen**
- **Weniger Verzug und Verwerfungen**
- **Verarbeiten ultraleichter Materialien**
- **Eventuell Verbesserung des Mischlichtbogens**

Demonstrator:

Für den Pilotanwender ArvinMeritor soll mit Hilfe eines Demonstrators der Nachweis des ChopArc Verfahrens erbracht werden.

Verwertungsplan Teil 2:

Weitere absehbare Einsatzgebiete sind:

- **Automobil-Hersteller und -Zulieferbetriebe**
- **Automobil-Werkstätten (Reparaturen)**
- **Weißer Ware; Anfrage von Bosch-Siemens Hausgeräte ist vorhanden**
- **Anwendung im MIG/MAG-Löten (Verbindung von verzinkten Blechen und CrNi-Schweißen)**
- **Nahrungsmittel-Industrie**
- **Hygiene Bereich (CrNi)**

Designstudie: 1. Produkt mit ChopArc-Elementen



Zusammenfassung

Besonders für ein KMU-Unternehmen ist es eine besondere Anstrengung, in so einem ressourcenbindenden Projekt mit dabei zu sein.

Die Vision war groß, der Schweiß floß in Strömen, die Projektarbeit war aber konstruktiv und zielführend.

Leider waren die Schwierigkeiten anfangs nicht kalkulierbar und nicht alle Wege führen in einem Forschungsprojekt zum Erfolg, doch konnte schlußendlich die Prozesstauglichkeit des ChopArc-Verfahrens nachgewiesen werden.

Die Demonstration beim assoziierten Partner konnte leider noch nicht durchgeführt werden und wird nach Ende des Projektes nachgeholt.

Die Umsetzung des Forschungsprojektes „ChopArc“ in eine Serienmaschine war nicht Projektinhalt und wird noch einige Zeit in Anspruch nehmen, doch Absichtserklärungen potentieller Anwender können gerade bei einem KMU-Unternehmen den Serienstart deutlich beschleunigen.

Forschungsprojekt

Vielen Dank für Ihre

Aufmerksamkeit !