

*Innovative  
Leistungselektronik  
von mW bis MW*

[info@imp-elektronik.de](mailto:info@imp-elektronik.de)



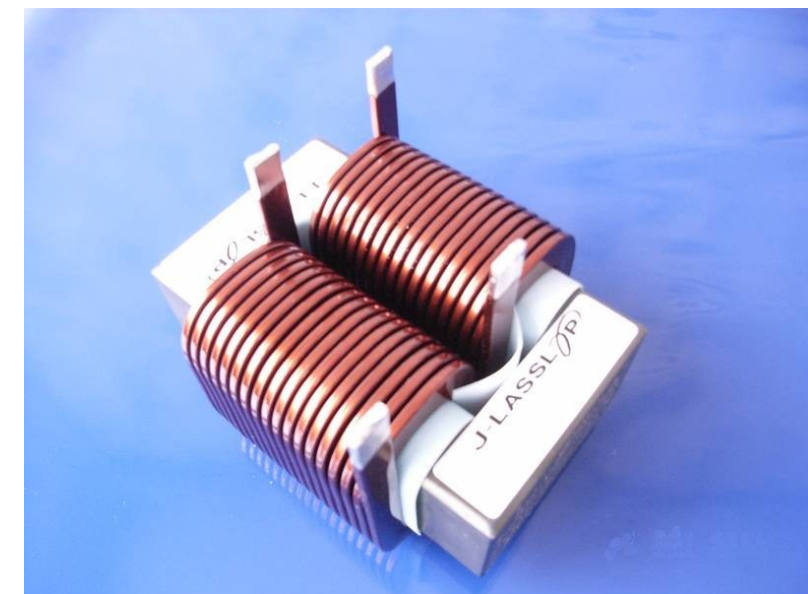
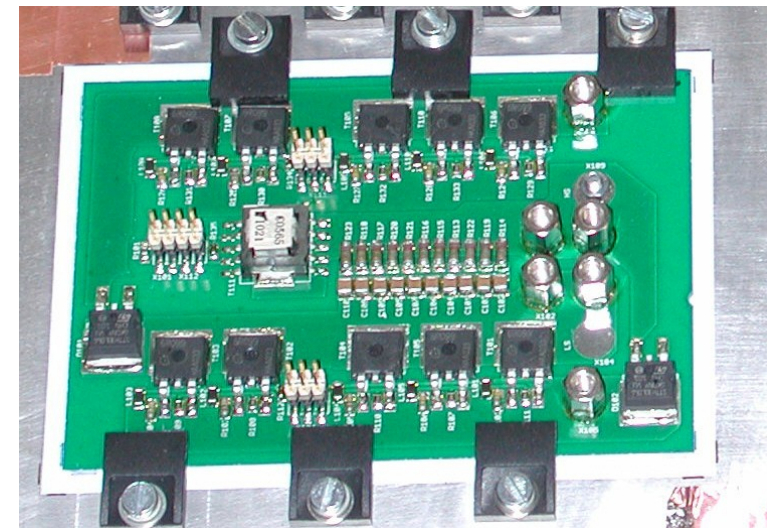
**Entwicklung und Beratung  
im Bereich Leistungselektronik und  
Elektronik für industrielle Anwendungen**

## Kernthemen / Knowhow

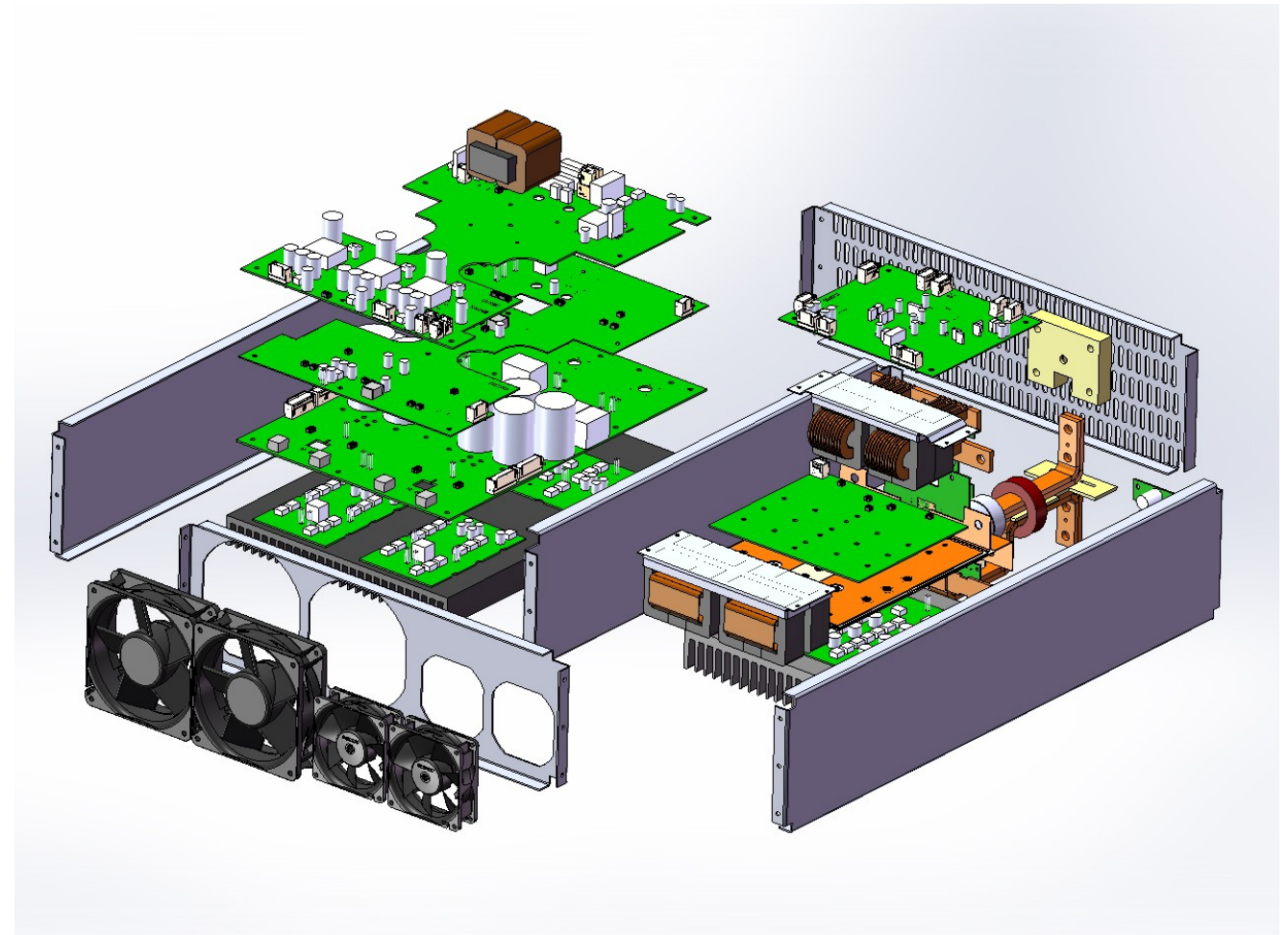
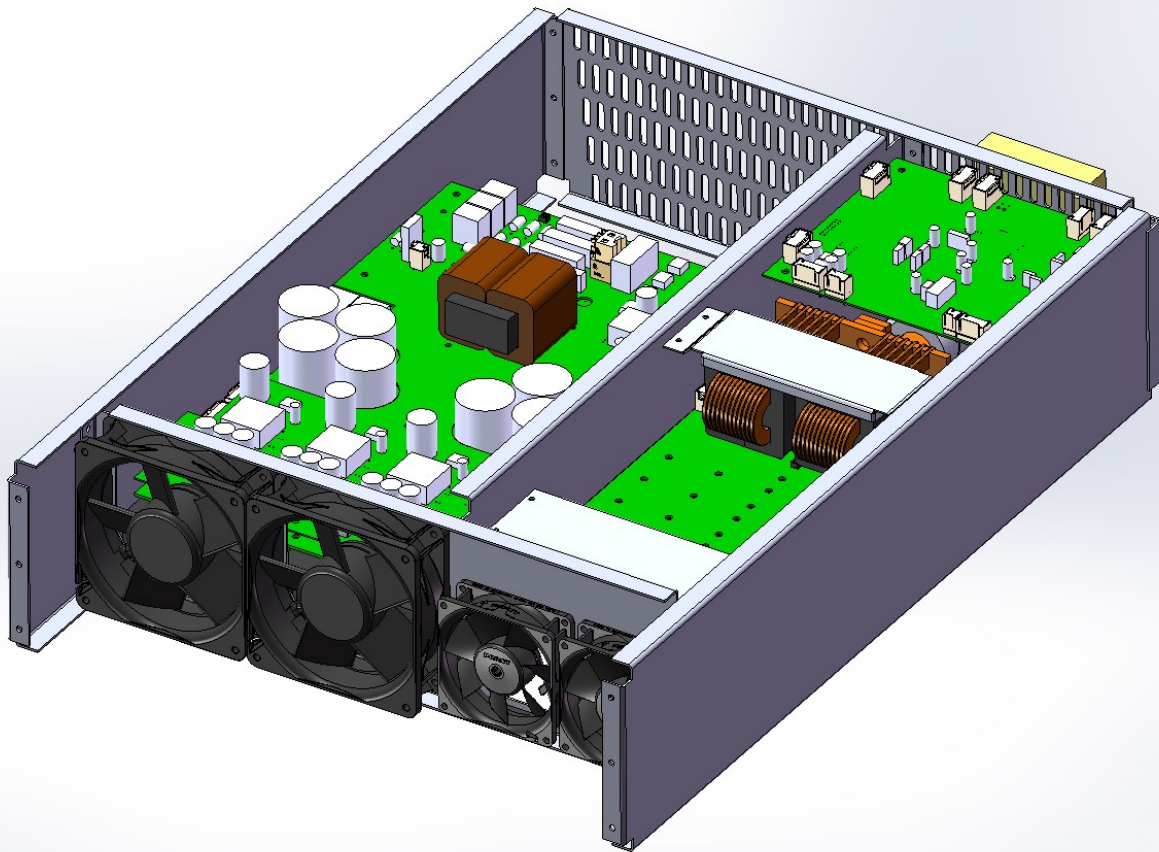
- Leistungselektronik
  - *Industrie*
  - *Automotive*
  - *Labor*
- Analytische Berechnung und Prototypenbau
  - *Induktivitäten*
  - *Transformatoren*
  - *Induktive Energieübertragung*
- Softwareentwicklung
  - *Regelung*
  - *Kommunikation*
- Beratung
  - *Langjährige Erfahrung*
  - *Von der Idee zum Produkt*

## Spezielles Knowhow

- Leistungshalbleiter
  - *Niederinduktive Aufbautechnik (PCB, IMS)*
  - *Optimiertes Schaltverhalten*
  - *Niedrige EMV Störungen*
- Mittel- / Hochspannungstechnik
  - *Mittelspannungsnetzteil*
  - *Speisung aus dem Lastkreis*
  - *Gate-Unit-Versorgung*
  - *Vergussfreie Auslegung von MF/HF-Hochspannungstrafos*
- Magnetische Komponenten
  - *Analytische Berechnung*
  - *Verlustminimierte Auslegung*



# Gerätekonstruktion



- Konstruktion der Gehäusemechanik unter Berücksichtigung optimaler elektrischer Vorgaben
- Erstellung von Fertigungsunterlagen

$$PdTD(fs) := \left[ \begin{array}{l} \frac{fs \cdot |Iko1(fs)| \cdot \sqrt{2} \cdot VoTD}{\omega(fs) \cdot nSw} \cdot (1 - \cos(\tau a(fs) \cdot \omega(fs))) \dots \\ + \frac{fs \cdot (|Iko1(fs)|)^2 \cdot rTD}{\omega(fs) \cdot nSw^2} \cdot (\tau a(fs) \cdot \omega(fs) - \cos(\tau a(fs) \cdot \omega(fs)) \cdot \sin(\tau a(fs) \cdot \omega(fs))) \end{array} \right]$$

Temperaturerhöhung

$$\Delta TT := RthjcT \cdot (PdT(fs) + PsT(fs))$$

$$\Delta TTD := RthjcD \cdot (PdTD(fs))$$

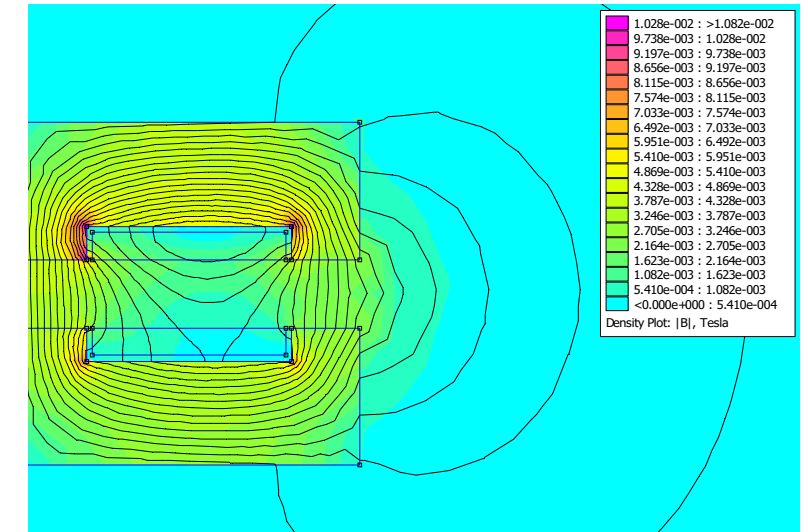
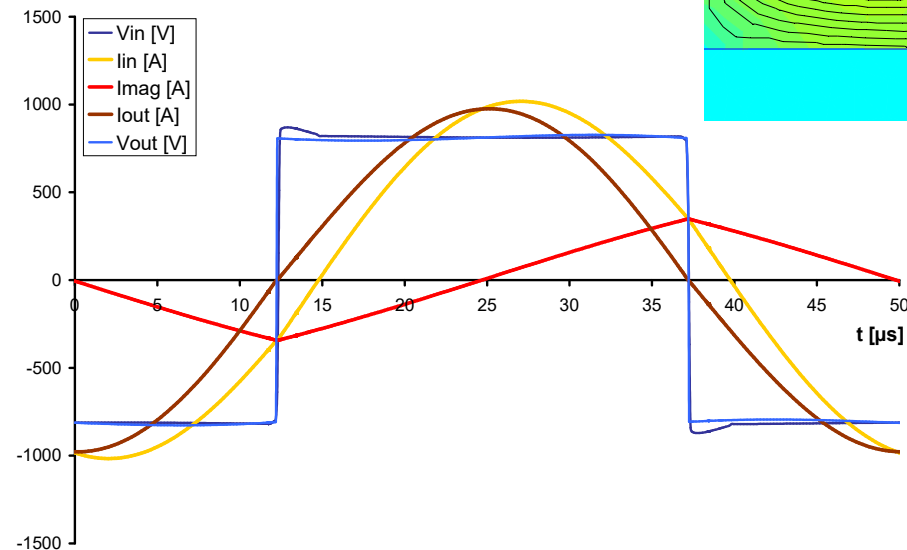
$$\Delta TM := RthcsM \cdot (PdT(fs) + PdTD(fs) + PsT(fs))$$

Gesamte Konverterverluste:

$$PvK(fs) := 4 \cdot nSw \cdot (PdT(fs) + PsT(fs) + PdTD(fs))$$

Maximaler Spannungsabfall über den Schaltern:

$$UTon := \left| VoT + rT \cdot Iko1(fs) \cdot \sqrt{2} \right|$$



## Optimierung magnetischer Komponenten

- Individuell angepasste Berechnungsmethoden
- Simulation und Verifikationsmessungen

# Typischer Entwicklungsprozess

## Phase 1: Konzept- untersuchung

- Analyse möglicher Lösungsansätze
- Berechnung/Simulation, Modellierung
- Kosten- und Bauraumanalyse

**=> Entscheidungsgrundlage**

## Phase 2: Funktions- muster

- Schaltungsdimensionierung
- PCB-Layout, Mechanik-konstruktion
- Aufbau, Inbetrieb-nahme,  
Softwareentwicklung
- Tests nach Spezifikation inkl. / EMV-Vorunter-suchung

**=> Funktionsmuster verfügbar**

## Phase 3: Prototypen

- Umsetzung des Funktionsmusters in seriennahe Prototypen
- Finale EMV-Tests
- Unterstützung der Serieneinführung beim Kunden bzw. Produktionspartner

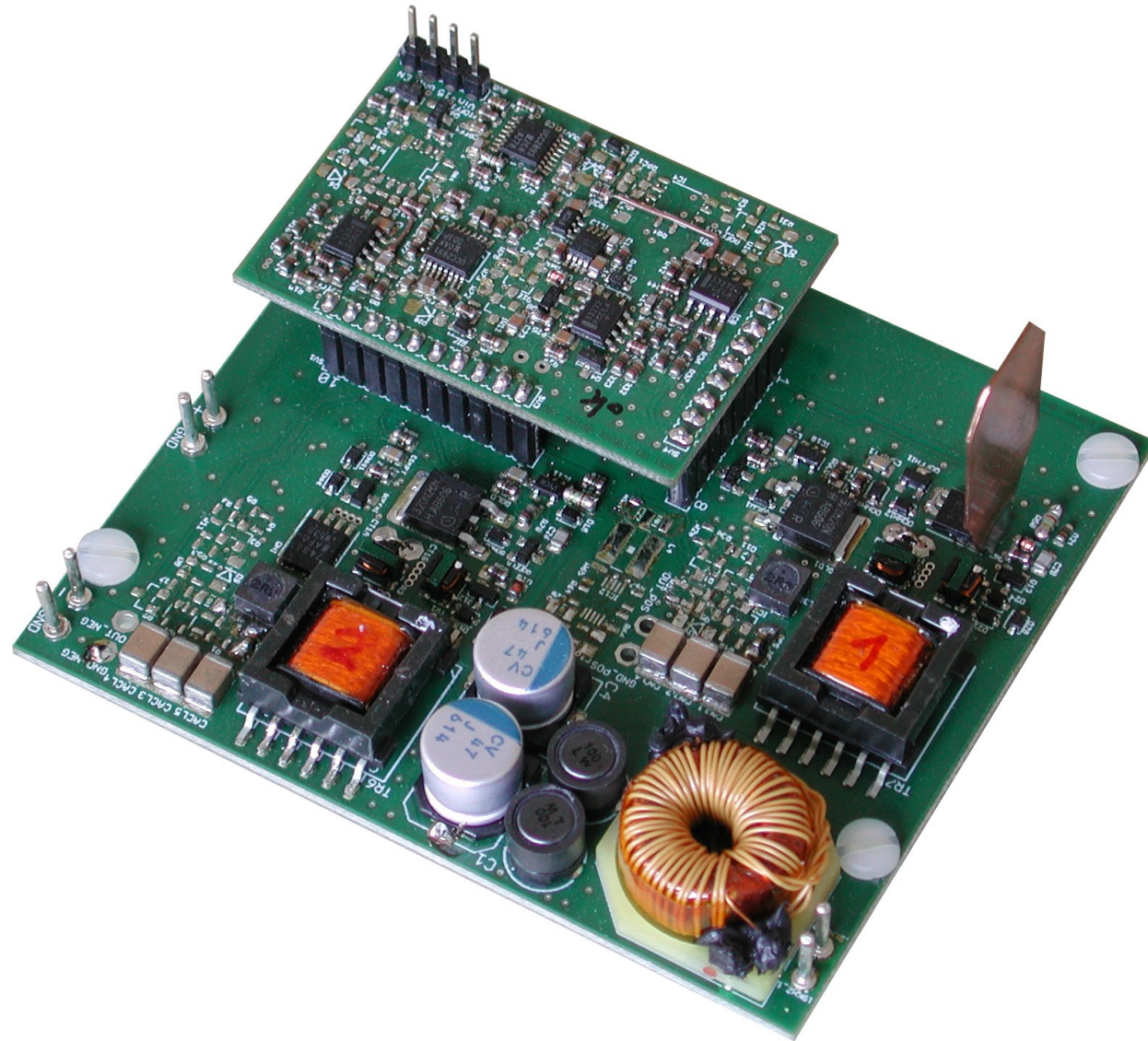
# Entwicklung eines dynamischen DC/DC-Wandlers für ein Halbleitertestsystem

Eingangsspannung	24 V
Ausgangsspannung, verstellbar	20 V...110 V / - 20 V ... - 110 V
Max. Ausgangsleistung	2 x 60 W
Ausgangsdynamik (20 V -> 110 V)	1 ms !!!
Ausgangsspannungswelligkeit < 20 mV <sub>eff</sub>	
Ausgangsstrom	max. 2 A / Kanal

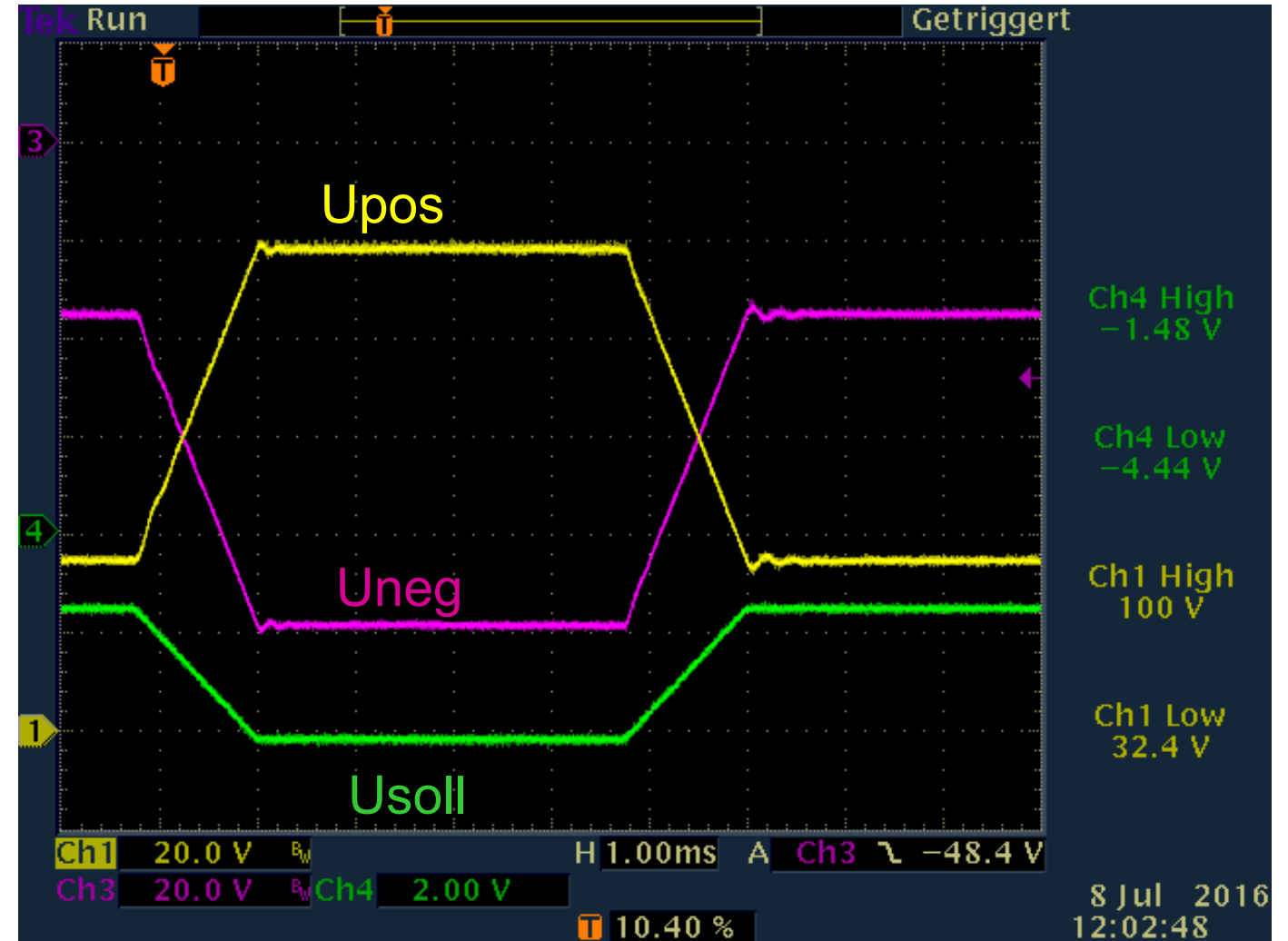
## Hauptziele:

- Sehr kompakte Bauform
- Sehr geringe Restwelligkeit bei sehr hoher Dynamik der Ausgangsspannung
- Kühlung im Luftstrom ohne Kühlkörper





## DC/DC-Wandler für Halbleitertestsystem



Messung:  
Sollwertsprung 25 V -> 100 V

# Ladegerät für Studioblitzkondensatoren

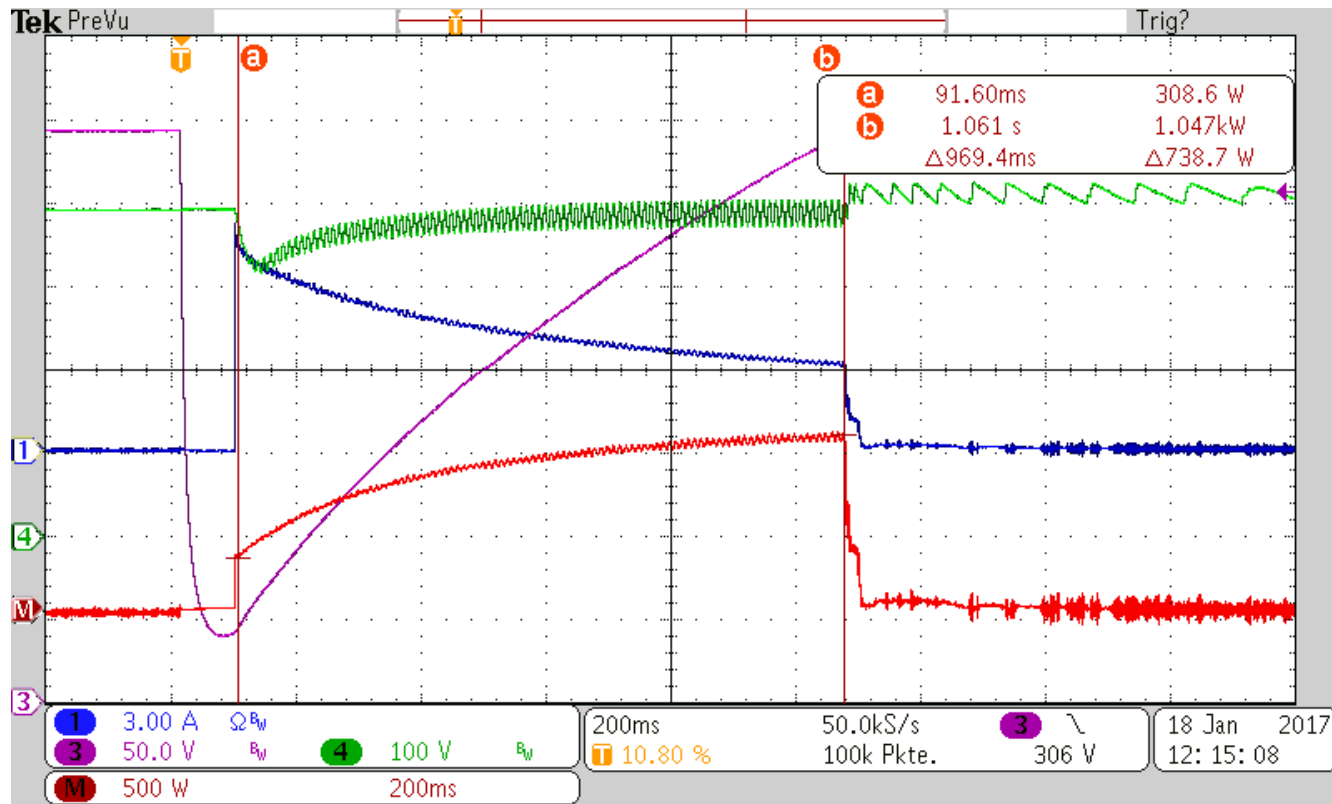
## Technische Daten:

Max. Ausgangsleistung	800 W
Ausgangsspannung	0 V...350 V
Ausgangsstrom	max. 8 A
Zusätzliche Ausgangsspannung	36 V / 60 W
Eingangsspannung	110 Vac -10 % ...240 Vac +10 %
Leistungsfaktor	0,99

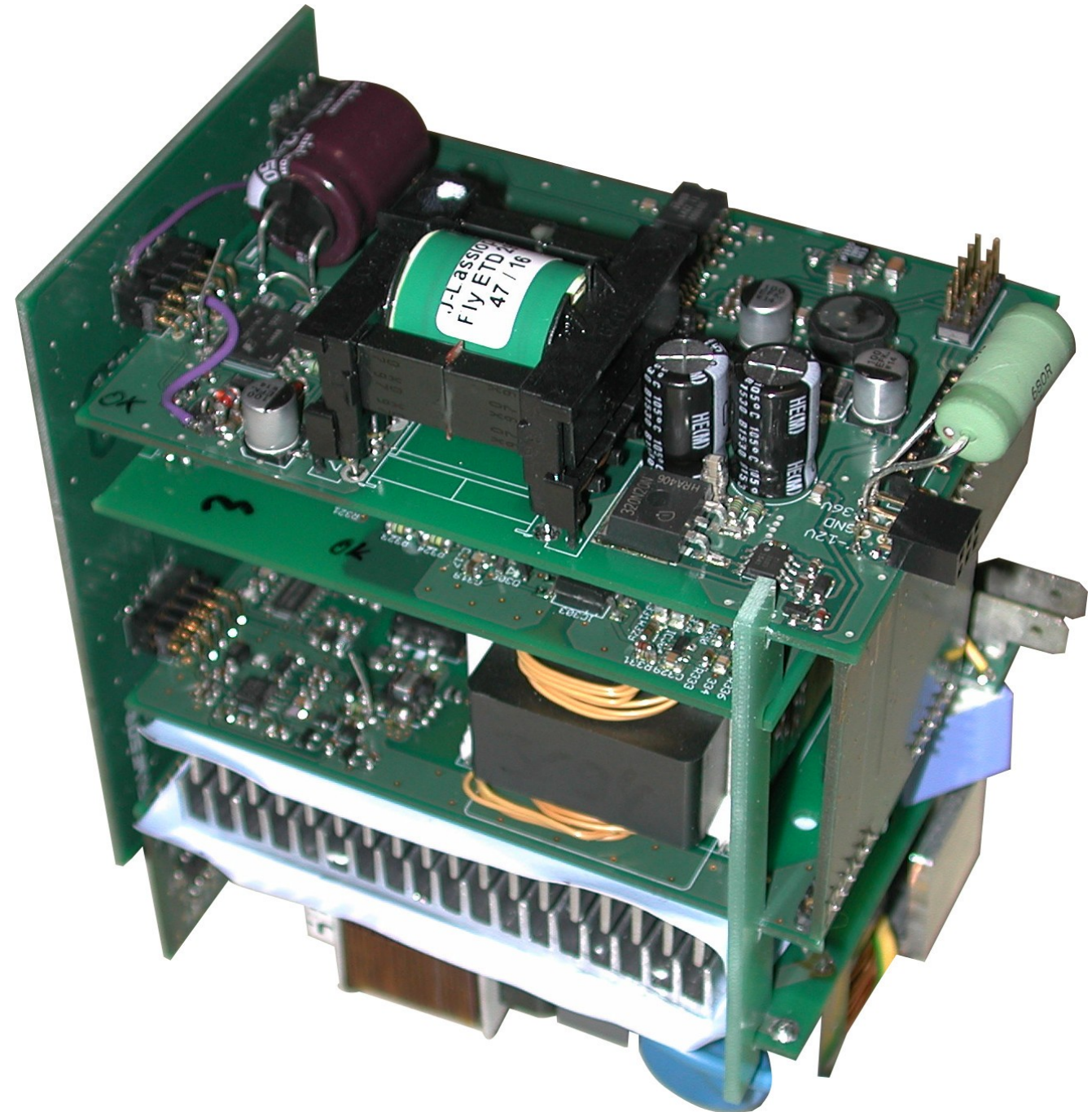
## Weitere Eigenschaften:

- Kompakte Bauform
- Geringe Standby-Verluste

# Ladegerät für Studioblitzkondensatoren



Verlauf der Aufladung nach Abblitzen



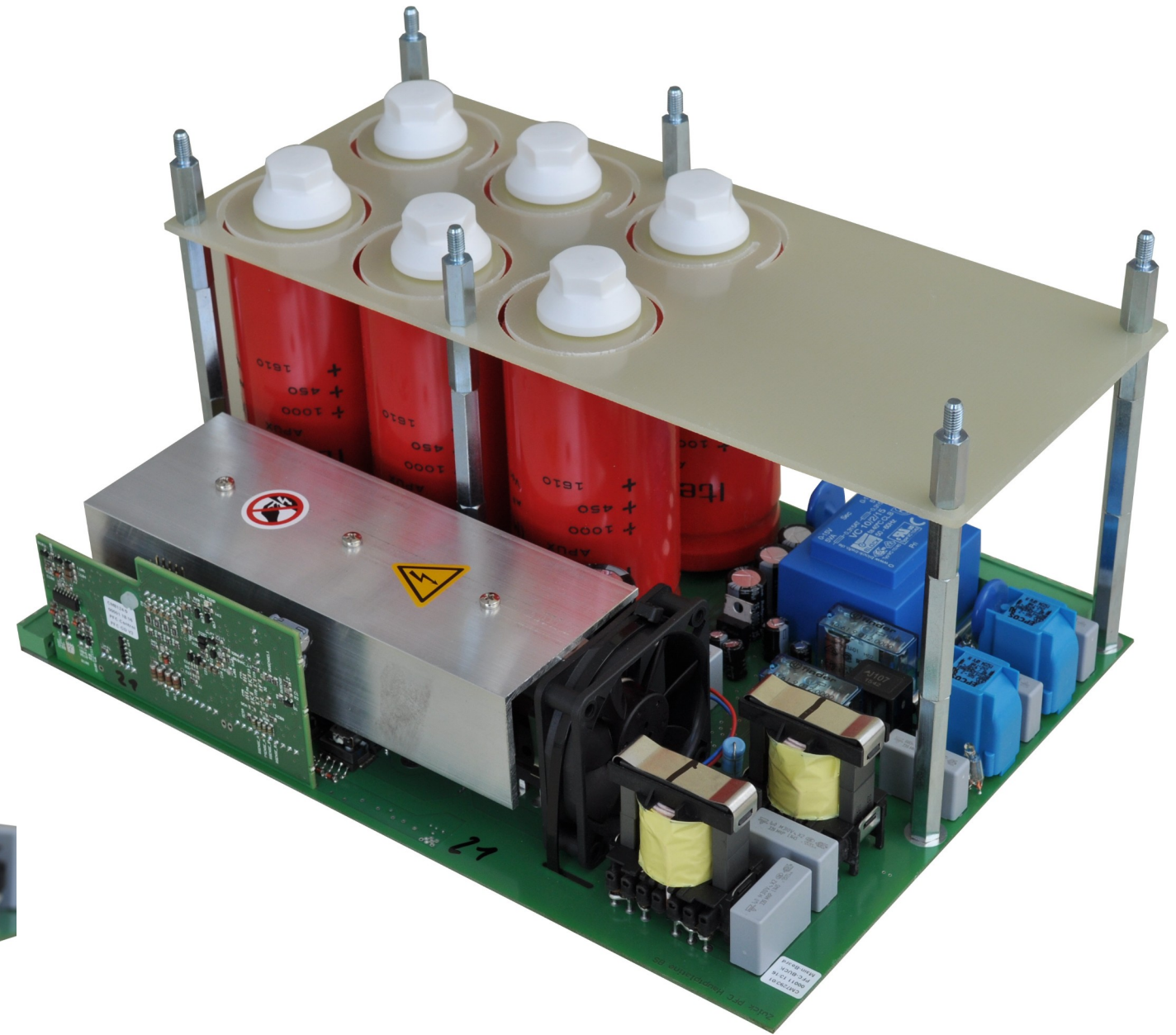
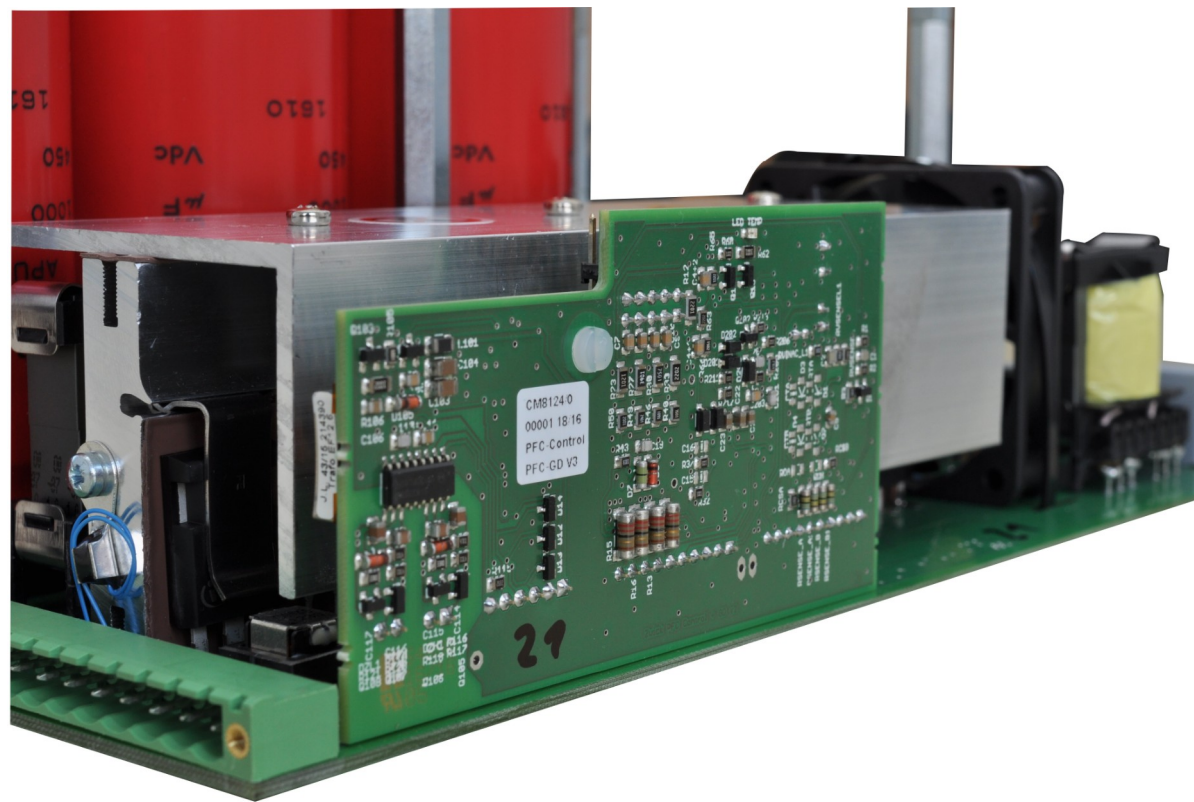
# Einstellbare Stromversorgung für Magneterreger

Ausgangsleistung	800 W
Ausgangsspannung	80 V...360 V
Ausgangsstrom	max. 10 A
Eingangsspannung (Vollast)	230 Vac -15 % / +10 %
Leistungsfaktor (cos Phi)	0,99

## Weitere Eigenschaften:

- Extrem lange Lebensdauer
- Max. Umgebungstemperatur 65 °C

# Stromversorgung für Magneterreger



# Breitband-Leistungsverstärker AMP3000

## Technische Daten:

Ausgangsleistung	3 kW / 3,6 kVA (Sinus)
Ausgangsspannung AC	0...180 / 360 Vpk (127 / 255 Vrms)
Ausgangsspannung DC	+/- 360 V
Ausgangsstrom	0...20 / 40 A
<b>FULL-POWER</b> -Bandbreite	<b>50 kHz</b>
Eingangsspannung	180...253 Vac
Leistungsfaktor (Netz)	0,99
Leistungsfaktor (Last)	-1...+1
Wirkungsgrad	>83%

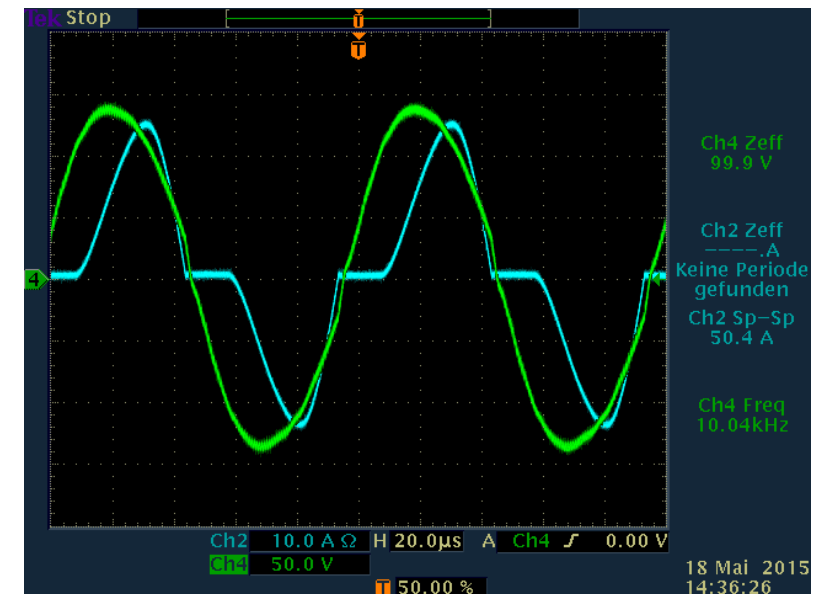
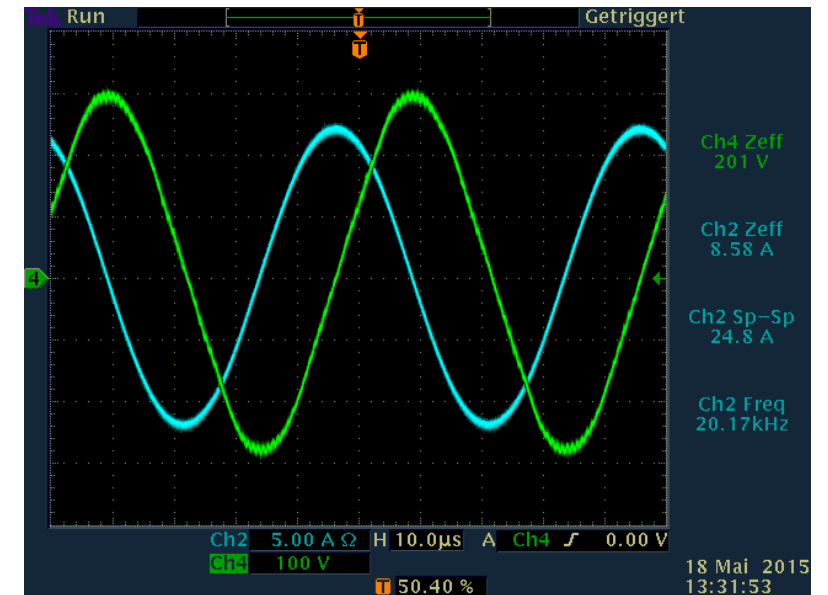
## Weitere Eigenschaften:

- Potentialfreier Ausgang (Common-Mode-Bereich = Ausgangsspannungsbereich)
- Umschaltbarer Halbbrücken / Vollbrückenbetrieb

# Breitband-Leistungsverstärker AMP3000



AMP3000



Messungen

## Telecom Ladegerät 2 kW

### Technische Daten:

Ausgangsleistung	2 kW
Ausgangsspannung	-30 V...- 54 V
Ausgangsstrom	0...42 A
Eingangsspannung	180...253 Vac
Leistungsfaktor (Netz)	0,99

**Wirkungsgrad** **97,5% @ 1kW**

### Weitere Eigenschaften:

- Extrem hohe Leistungsdichte
- Abmessungen B x H x L: 70 x 42 x 300 mm<sup>3</sup>
- Vollständig digitales Control



# Telecom Ladegerät 2 kW



# Schnellladegerät 48V/375A

## Technische Daten:

Ausgangsleistung	18 kW
Ausgangsspannung	0...60 V
Ausgangsstrom	0...375 A
Eingangsspannung	3 x 340...440 Vac
Leistungsfaktor	0,99
<b>Wirkungsgrad</b>	<b>&gt;96%</b>

## Weitere Eigenschaften:

- Nur Halbleiter mit 600 V Sperrspannung erforderlich
- Regelgenauigkeit Ausgangstrom 1%
- Regelgenauigkeit Ausgangsspannung 2%
- Kein Luftstrom im Elektronikgehäuse

## Schnellladegerät 48 V / 375 A



# Automotive Bordnetzwannder 400 V->48 V / 125 A

## Technische Daten:

Ausgangsleistung	6 kW
Ausgangsspannung	36 V...52 V
Ausgangsstrom	0...125 A
Eingangsspannung (Vollast)	170...470 Vdc

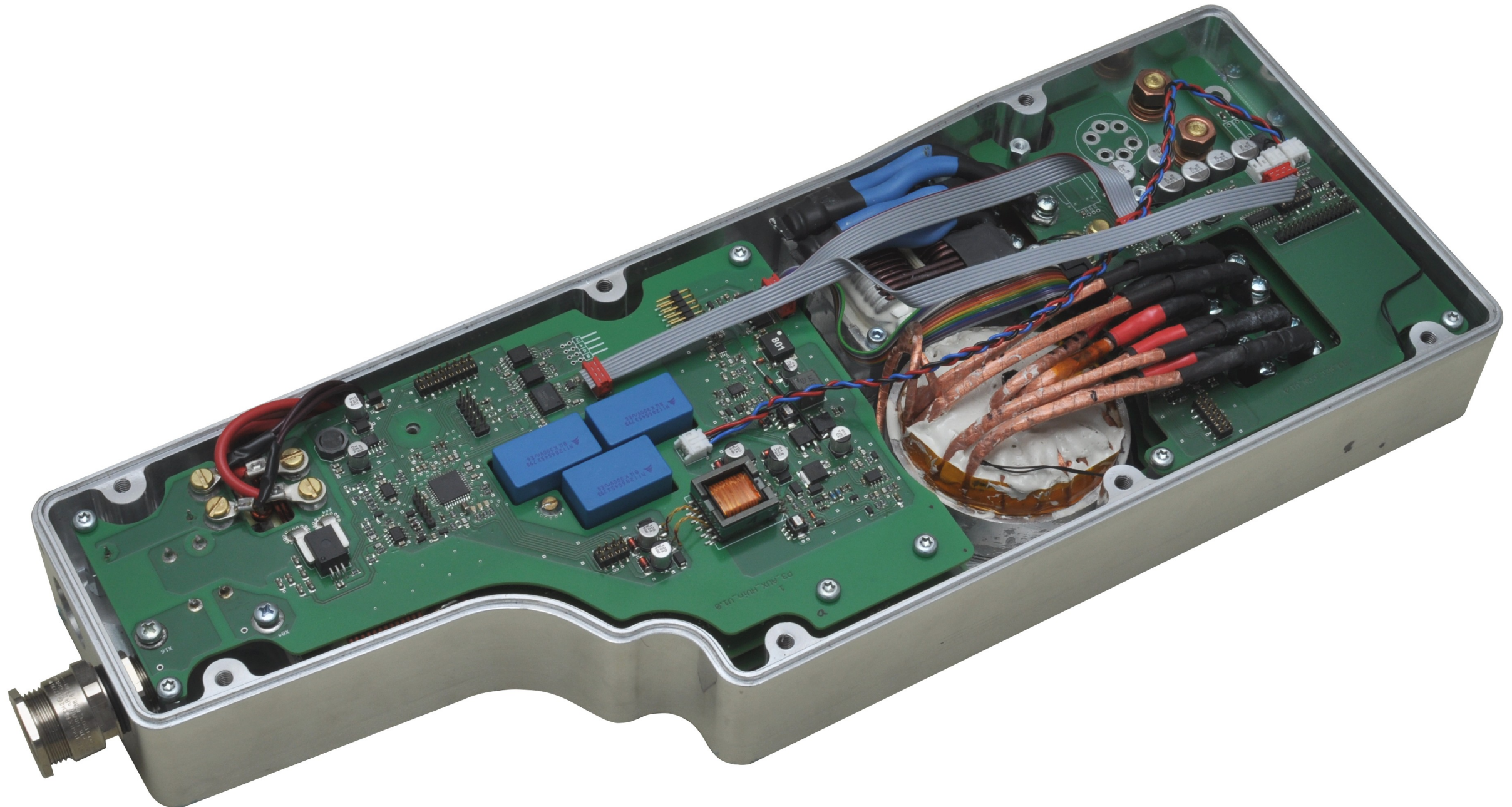
## **Wirkungsgrad**

**96 % @ 2 kW**  
**95 % @ 6 kW**

## Weitere Eigenschaften:

- Extrem hohe Leistungsdichte
- Max. Kühlwassertemperatur 85 °C
- Entwicklungszeit bis A-Muster < 3 Monate

# Automotive Bordnetzwanandler 400 V->48 V / 125 A



# Kontaktlose Energieübertragung 24V / 24V

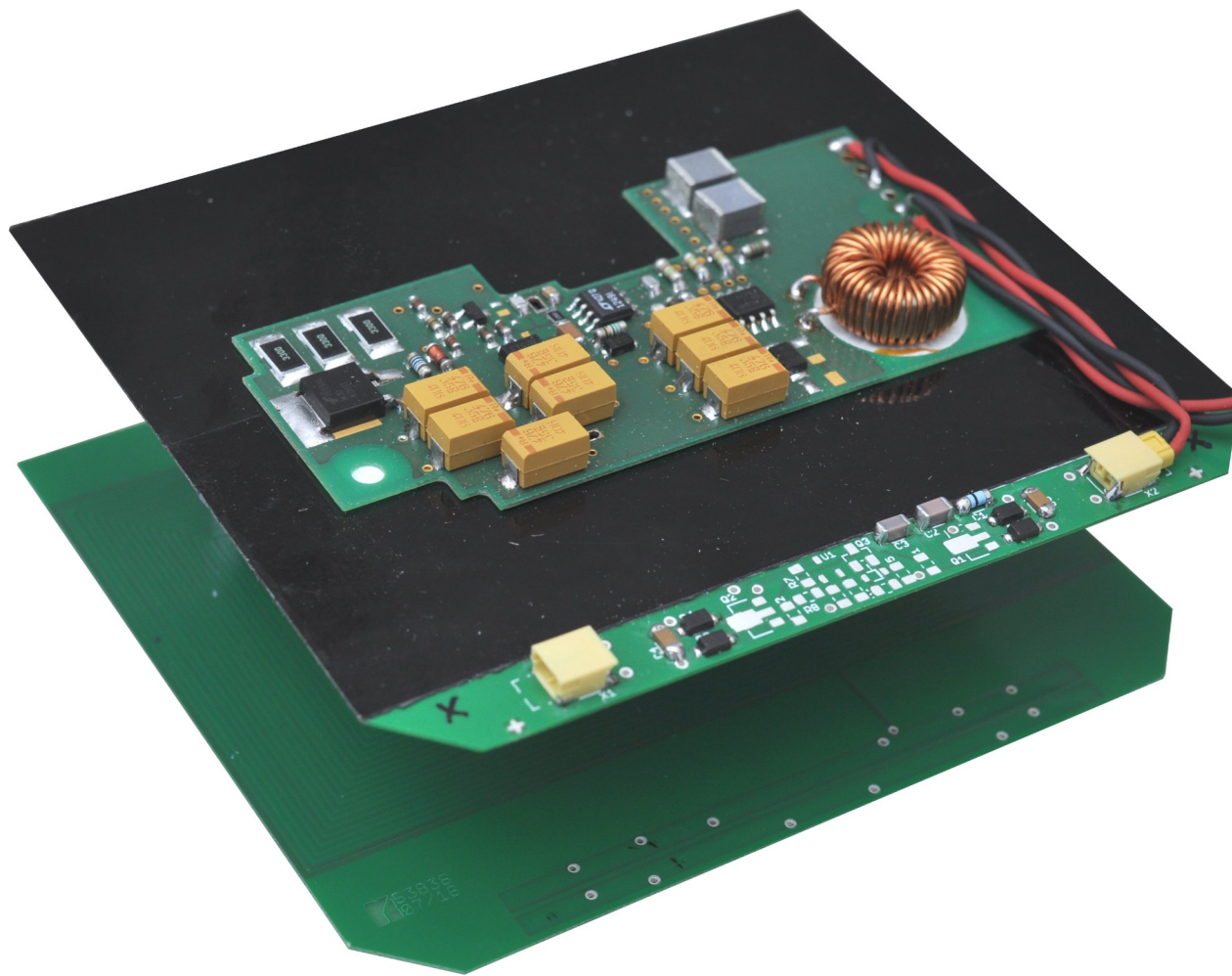
## Technische Daten:

Max. Ausgangsleistung	75 W
Ausgangsspannung	24 V +/- 2%
Eingangsspannung	24 V +/- 20%
Übertragungsabstand	0...20 mm

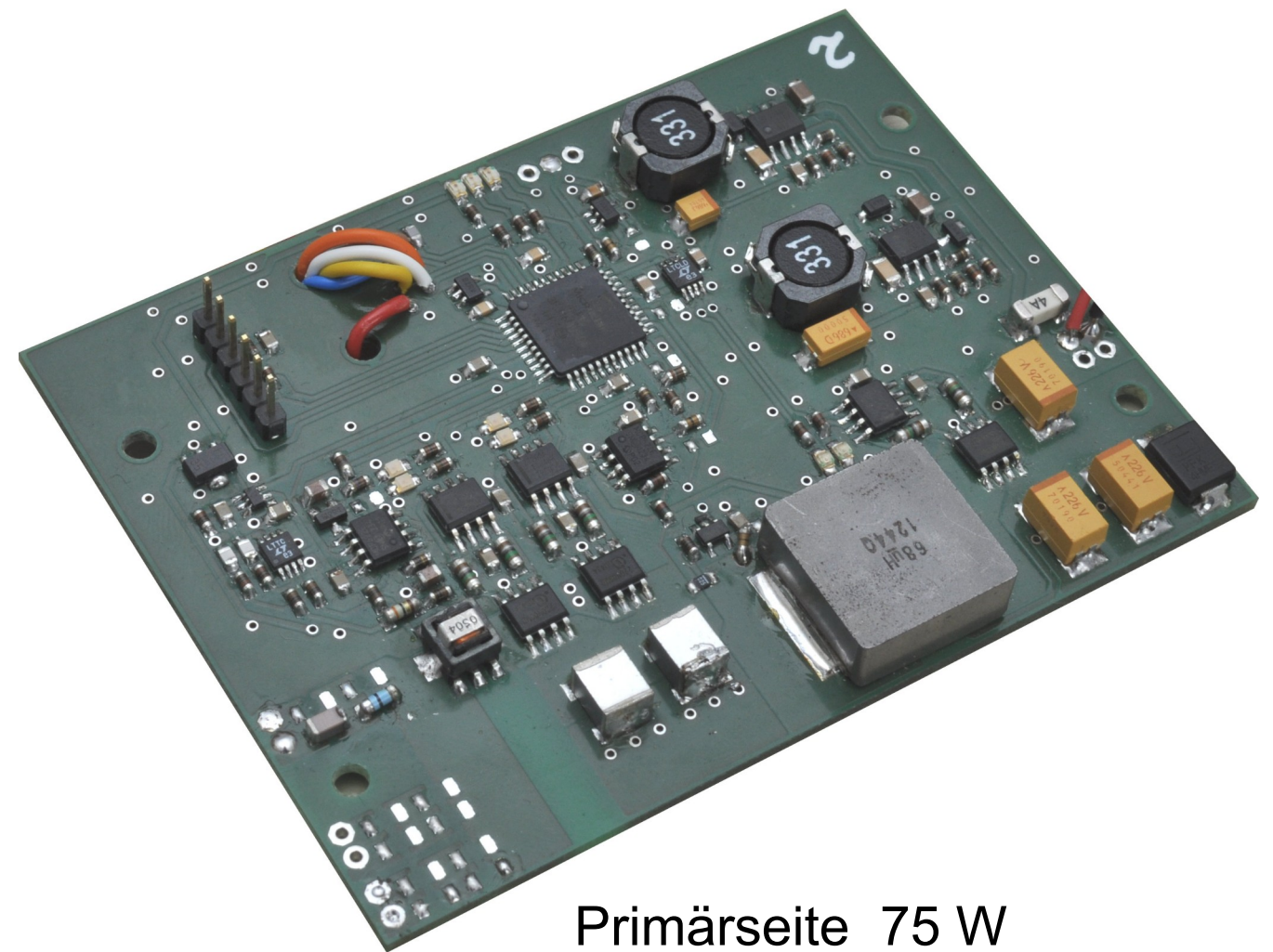
## Weitere Eigenschaften:

- Sehr geringe Bauhöhe der Übertragerplatten
- Ausgangsleistung ist durch Parallelschaltung mehrerer Sekundärseiten (15 W pro Übertragerplatte) skalierbar
- Einfache Fertigung der Übertragerplatten
- Keine Kühlung der Primärelektronik erforderlich -> kann komplett gekapselt werden (z. B. IP 68)

## Kontaktlose Energieübertragung



Übertrager & Sekundärseite 15 W



Primärseite 75 W

## 8W CAT IV-Netzteil für BPL-Modem

### Technische Daten:

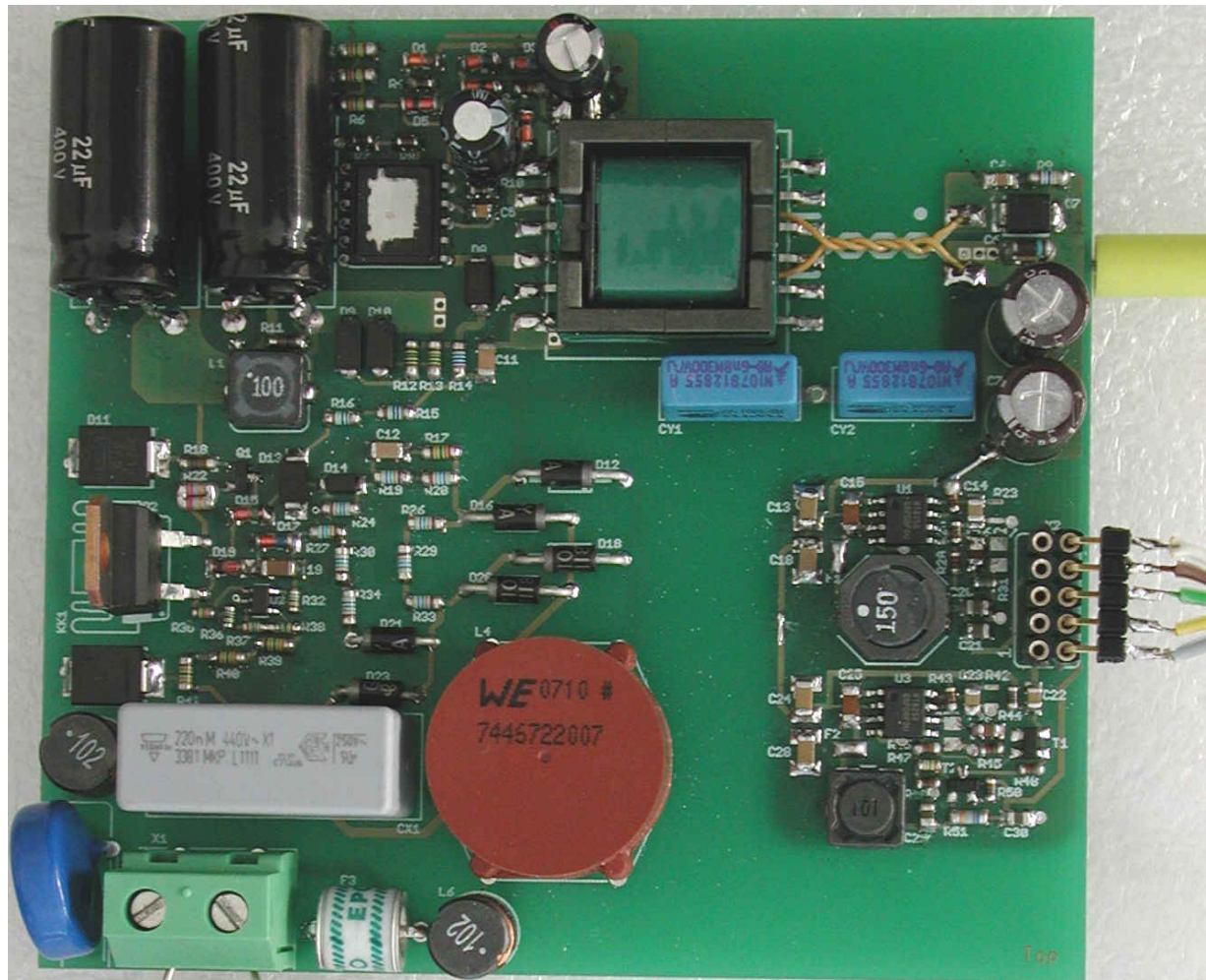
Ausgangsleistung	8 W
Ausgangsspannung W	12 V / 3 W und 3,3 V / 5
Eingangsspannung	110...440 Vac
Überspannungskategorie	IV
Prüfspannung	8 kV (Prim-Sek)

### Weitere Eigenschaften:

- Kein Schutzleiteranschluß (Schutzklasse II)
- Sehr geringe Bauhöhe
- Sehr geringe EMV-Störpegel (20dB unter Class B (EN 55022))

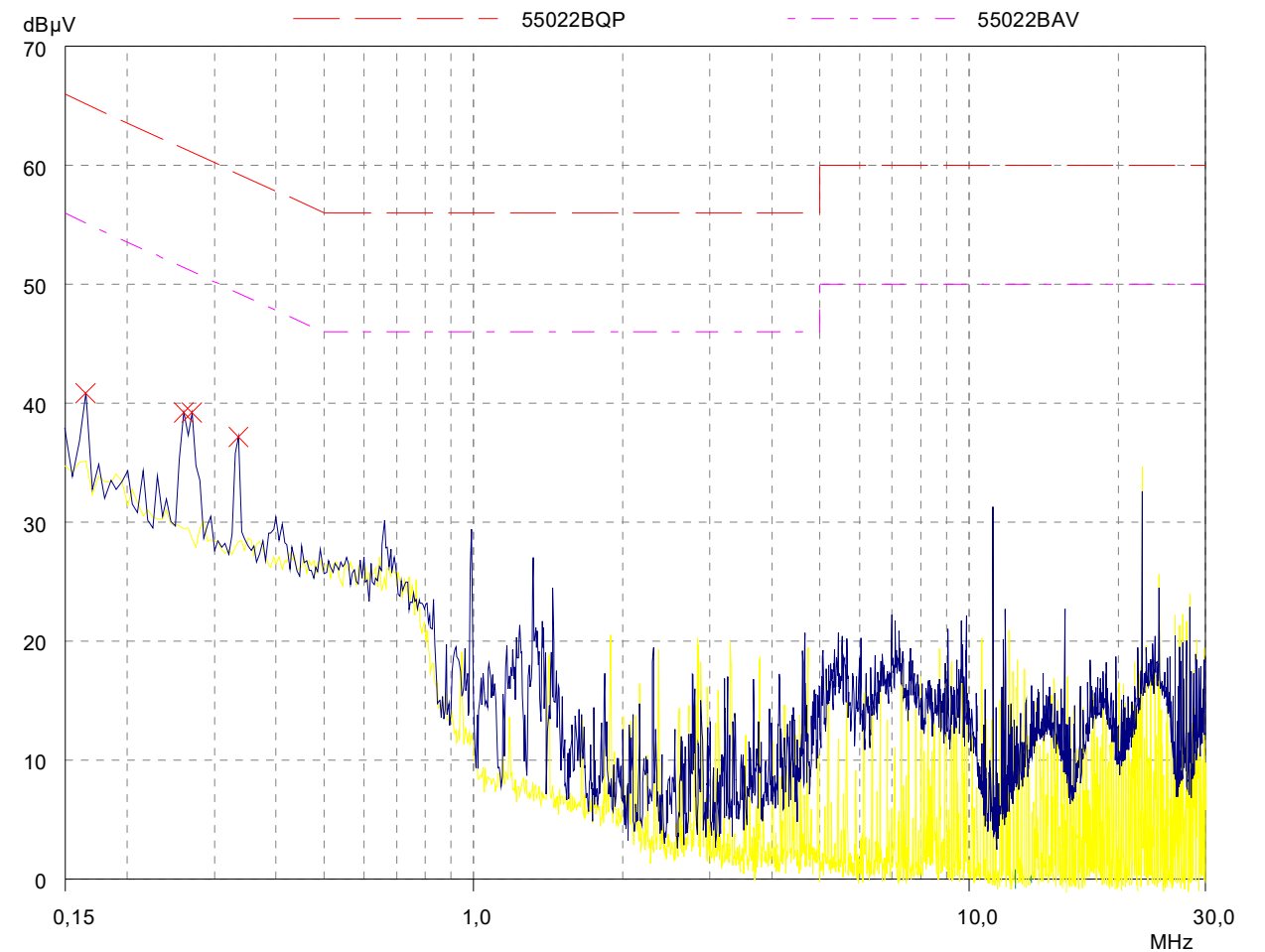


# 8W CAT IV-Netzteil für BPL-Modem



Prototyp CAT IV-Netzteil

## Leitungsgebundene Störaussendung



## 36W Hutschienen-Netzteil

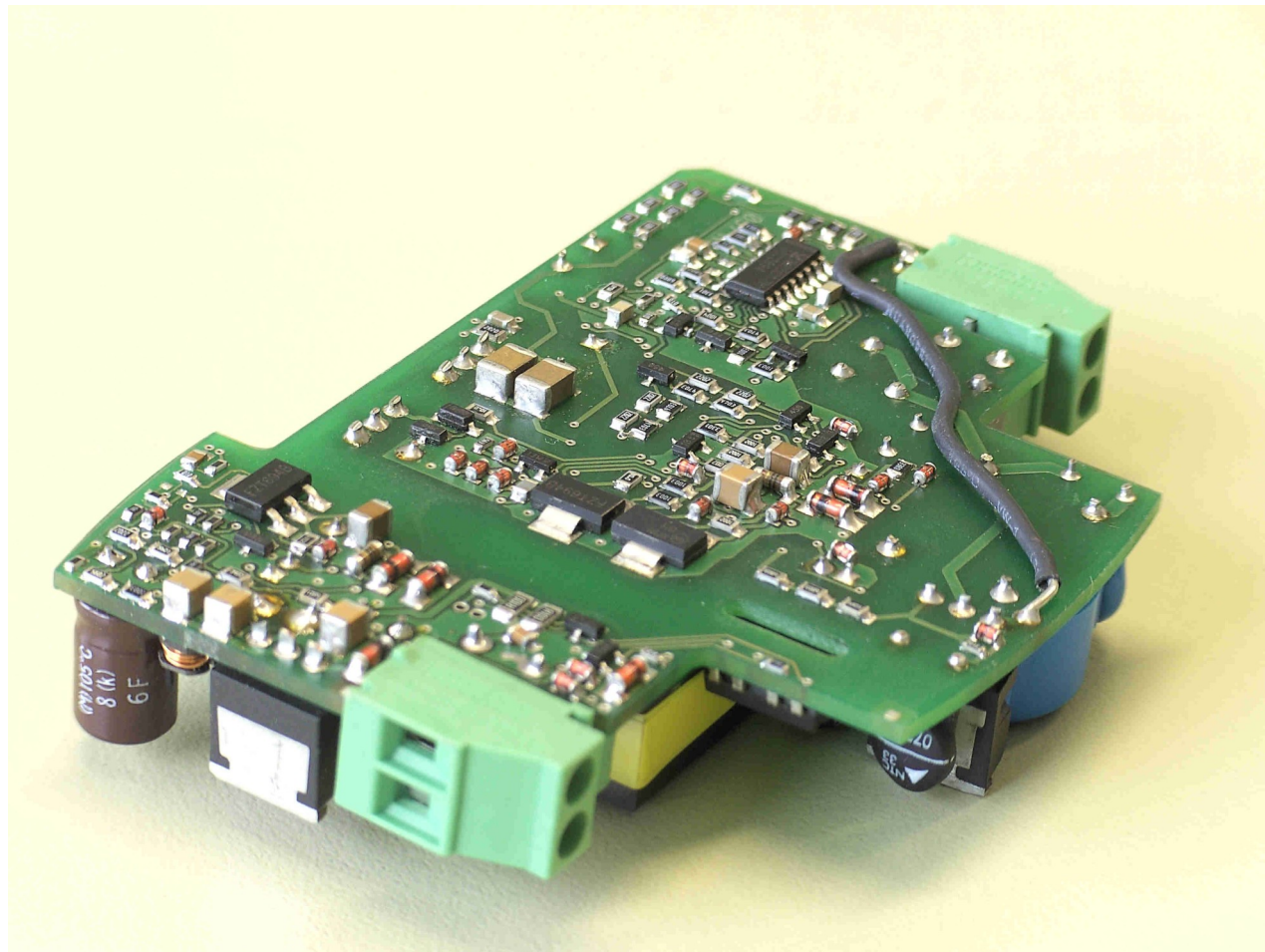
### Technische Daten:

Ausgangsleistung	36 W
Ausgangsspannung	24 V
Eingangsspannung	85...265 Vac
Wirkungsgrad	>90%
Topologie	Active Clamp Flyback

### Weitere Eigenschaften:

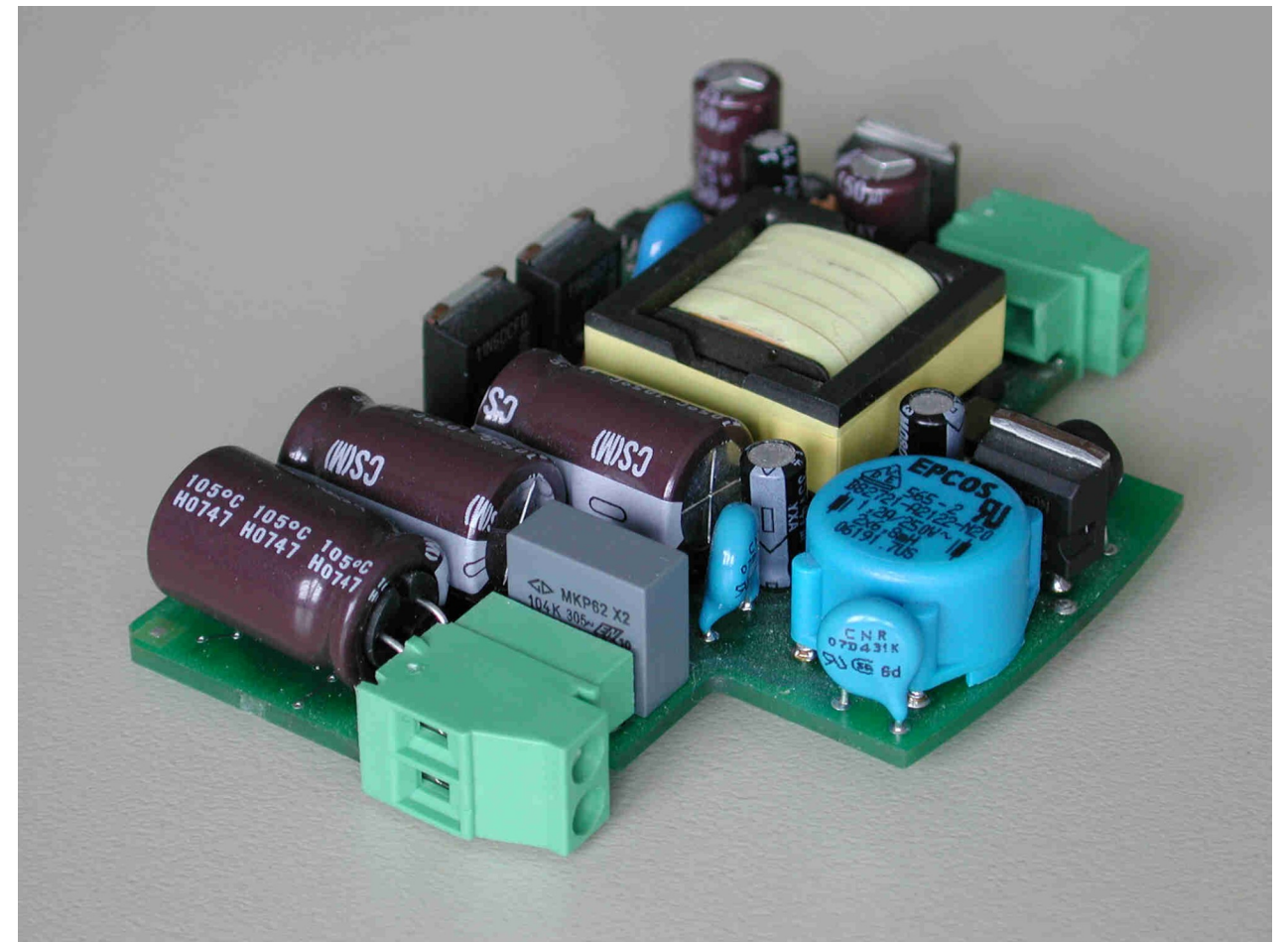
- Sehr kleine Abmaße DIN 43880 **Size 1**; 85x69x17,5 mm<sup>3</sup>
- EMV: Emission class B (EN 55022)

## 36W Hutschienen-Netzteil

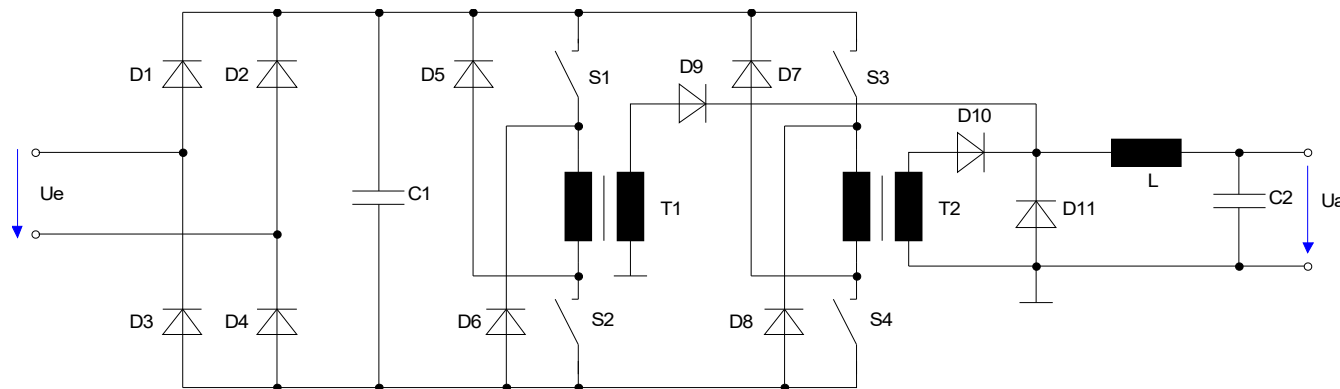


Seriengerät Unterseite

Seriengerät Oberseite



# 3 kW Konverter für Heizwendelschweißgerät



## Technische Daten:

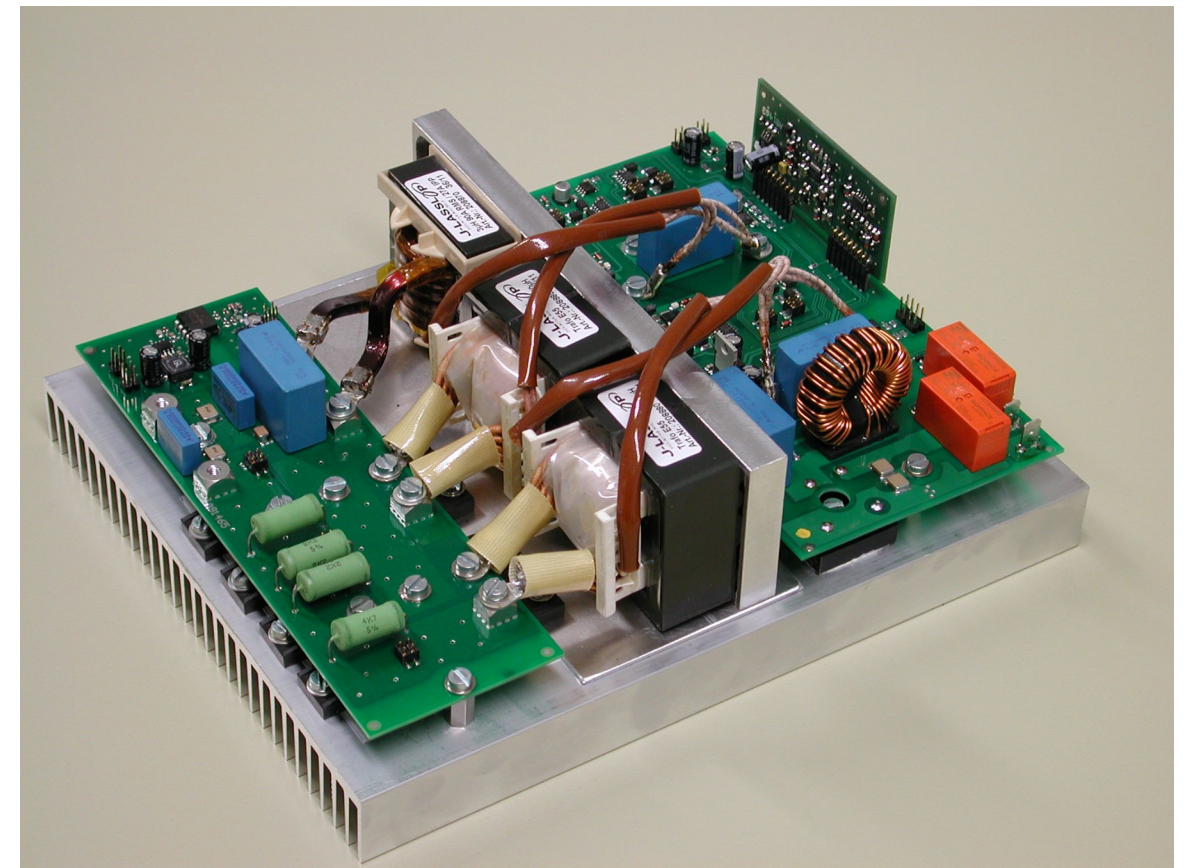
Ausgangsleistung 3 kW

Ausgangsspannung 6...48 V

Wirkungsgrad >92 %

## Weitere Eigenschaften:

- Eingangstrom sinusförmig
- Ausgangsspannung:  
gleichgerichtete Sinushalbwellen



Prototyp

# PWM-Verstärker 1,5 kW und 3 kW

## Technische Daten:

Ausgangsleistung 1,5kW

3kW

Wirkungsgrad

>83%

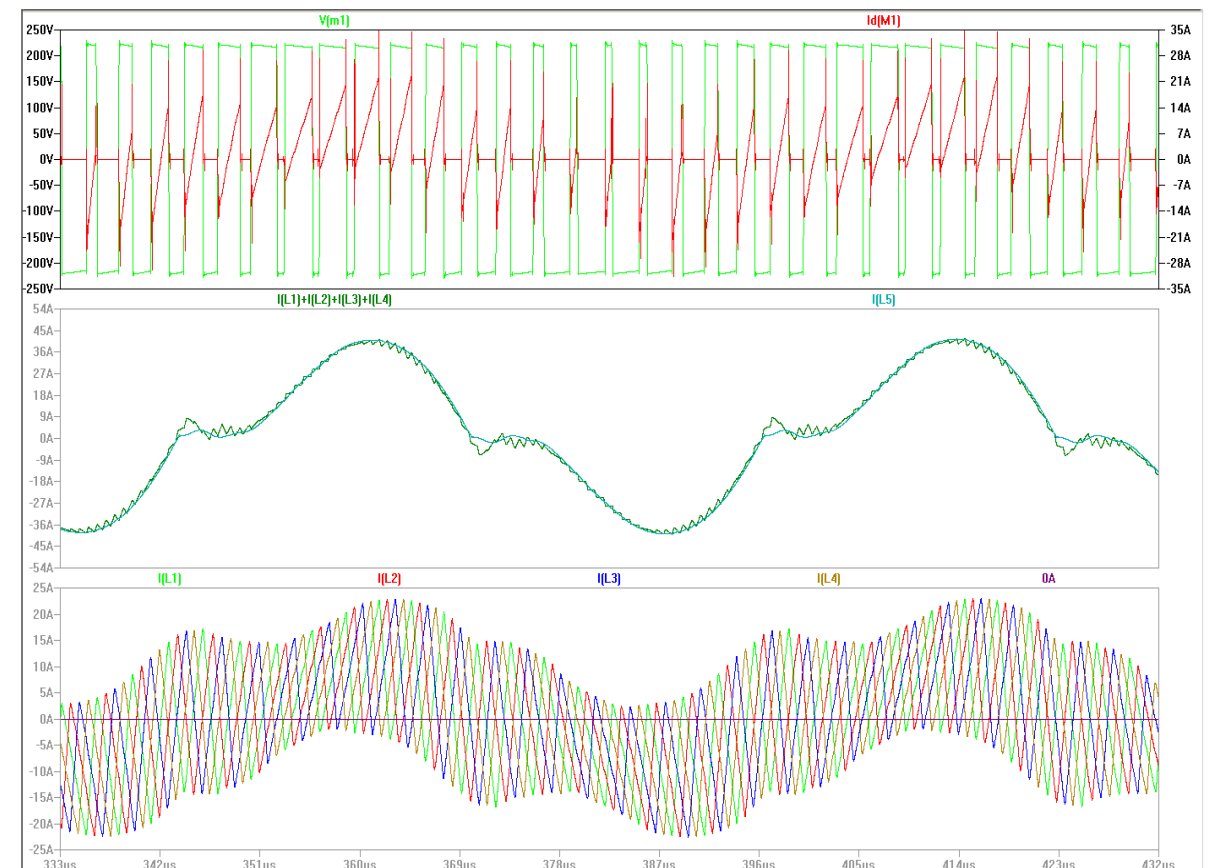
Vollast Bandbreite 30Hz...50kHz

Ausgangsspannung 0 ...110Vac

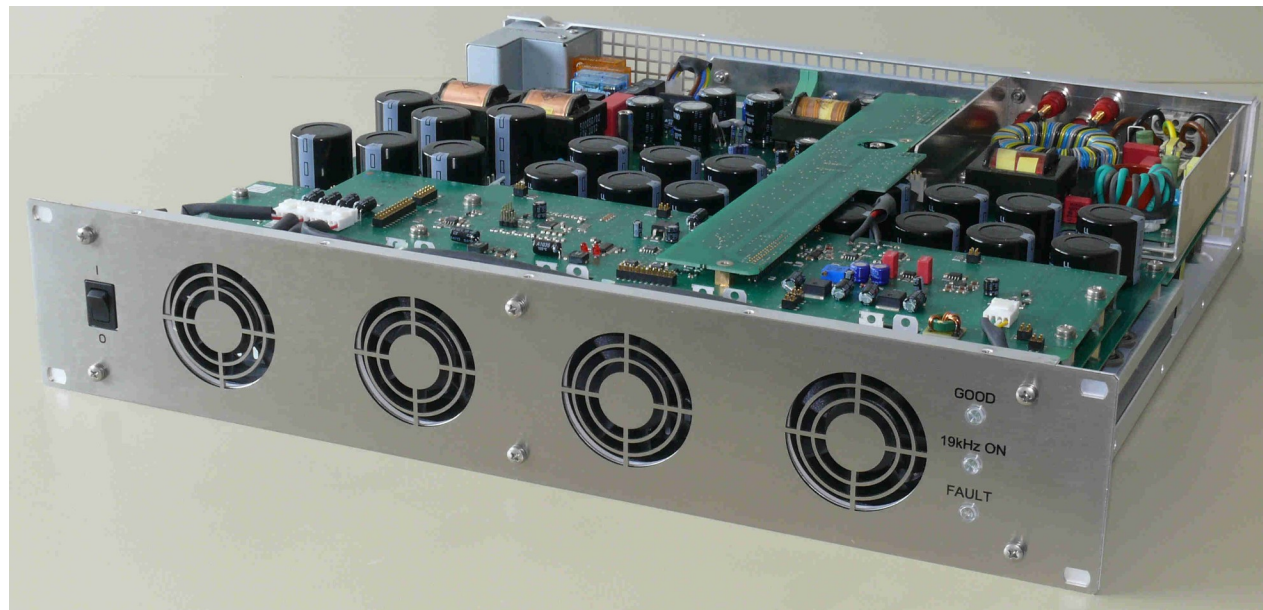
## Weitere Eigenschaften:

- Sehr hohe Schaltfrequenz  
1,3 MHz (1,5 kW)  
2,6 MHz (3 kW)
- Extrem geringe Störungen  
der Ausgangsspannung

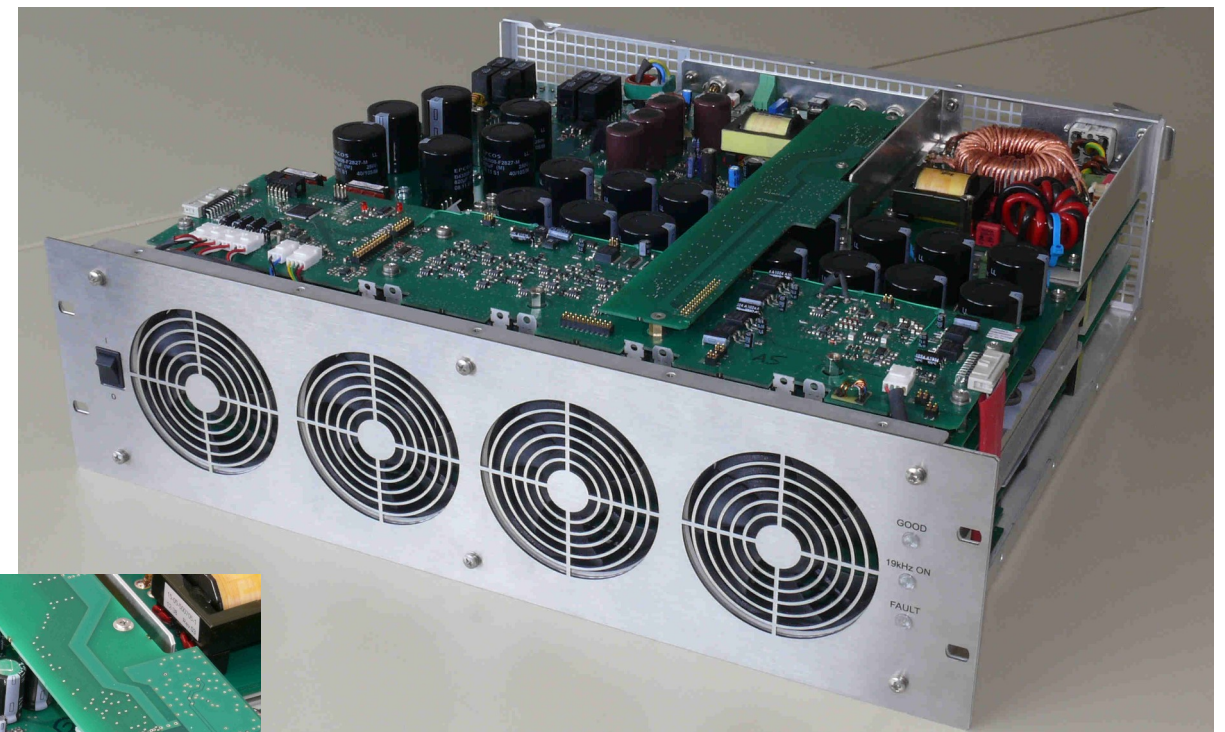
Simulationsergebnisse



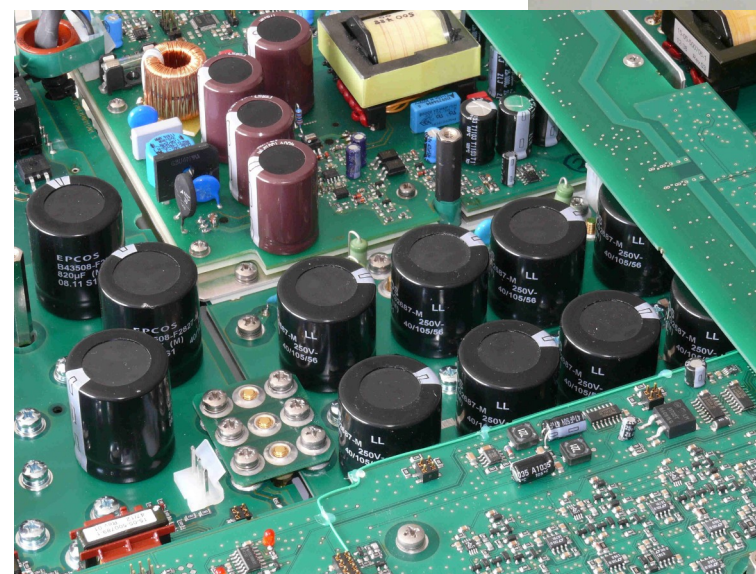
# PWM-Verstärker 1,5 kW und 3 kW



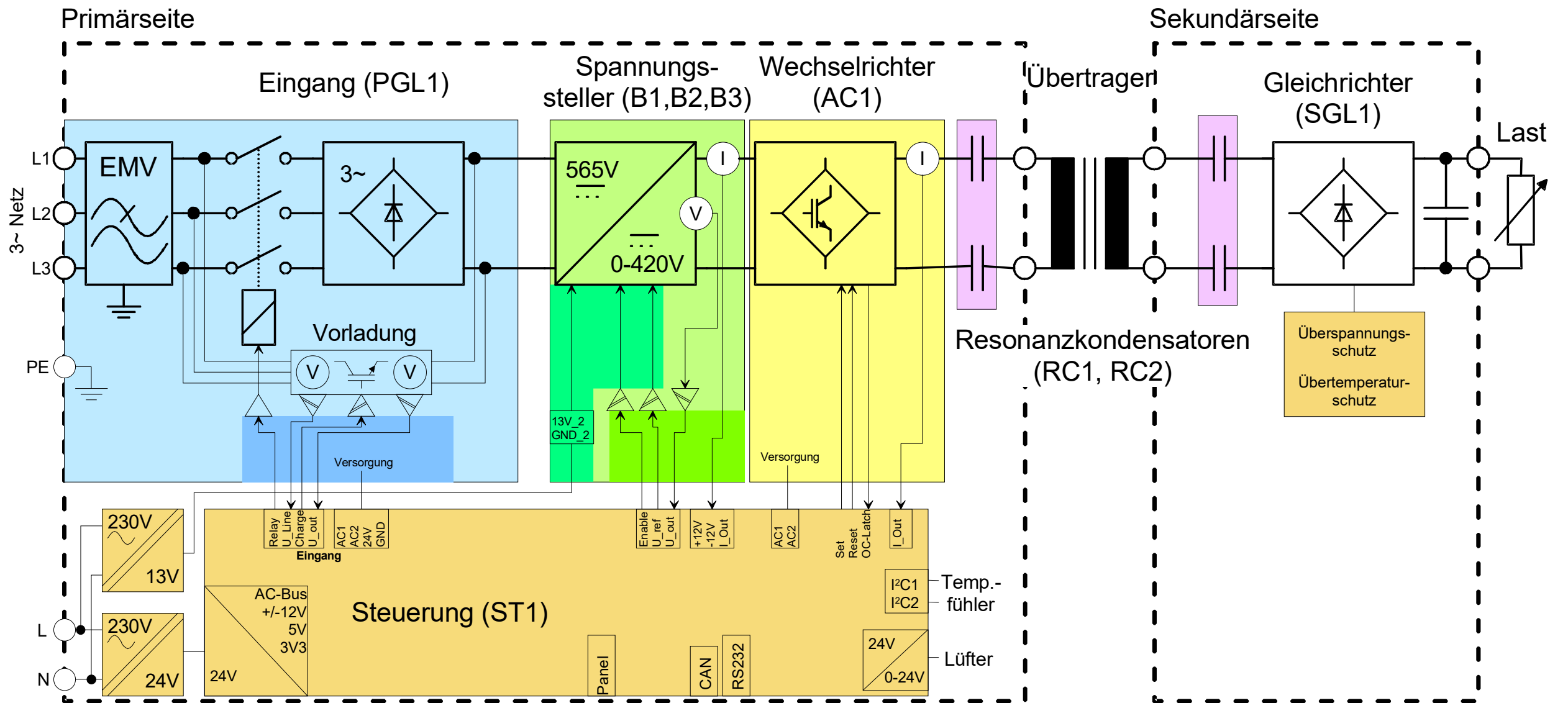
1,5 kW Gerät



3 kW Gerät



# Kontaktlose Energieübertragung 22 kW



# Kontaktlose Energieübertragung 22 kW

## Technische Daten:

Ausgangsleistung	20 kW
Ausgangsspannung	200...400 Vdc
Eingangsspannung	3 x 400 Vac
Wirkungsgrad	>92% bei 12 cm Plattenabstand

Größe der Übertragerplatten	30 cm x 40 cm x 2 cm
Abstandsbereich	0...12 cm
Arbeitsfrequenz	20...45 kHz

## Weitere Eigenschaften:

- Sehr geringes, durch das Schaltungsprinzip sogar minimales magnetisches Streufeld (konform der ICNIRP-Richtlinie, < 6.25  $\mu$ T)
- Robust gegen Fehlpositionierung und Abstandsänderungen im Betrieb
- Keine Rückführung sekundärseitiger Meßgrößen für Ausgangsregelung (!)

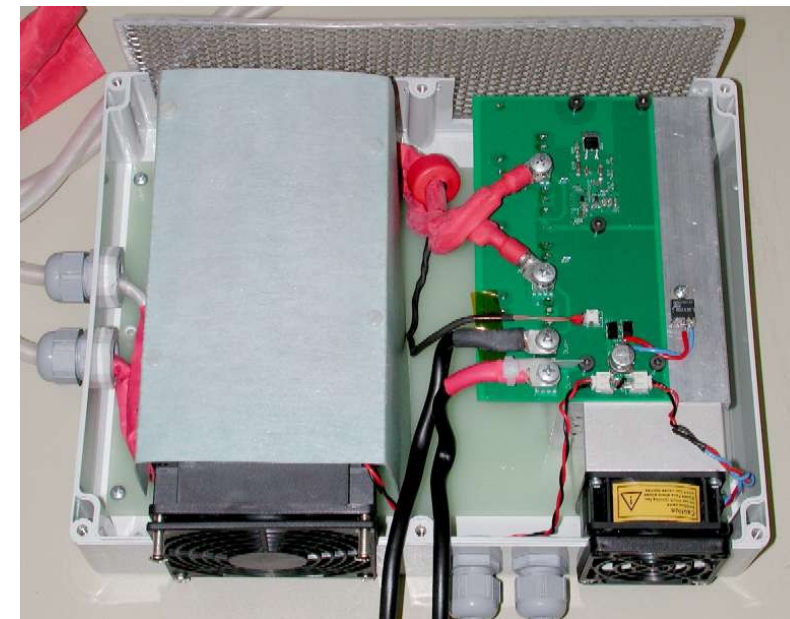


# Kontaktlose Energieübertragung 22 kW



Primärseitige Leistungselektronik

Sekundärseitige Leistungselektronik



12:03:59		sampling ADAPTIVE AUTO CH 2		RUN	
Range	AUTO	average	AUTO	f-DIFF	
mode	AC+DC		652ms	M-OFF	P: 1
CH1: I1	CH2: U13	CH3: I2	CH4: U23	CH5: I3	CH6: U3
I <sub>1</sub>	34.12	A <sub>rms</sub>	P <sub>1</sub>	10.584	kW
U <sub>13</sub>	391.63	V <sub>rms</sub>	P <sub>2</sub>	11.426	kW
I <sub>2</sub>	34.03	A <sub>rms</sub>	P <sub>3</sub>	20.386	kW
U <sub>23</sub>	391.94	V <sub>rms</sub>	P	22.011	kW
I <sub>3</sub>	51.95	A <sub>rms</sub>	λ	0.82437	ind
U <sub>3</sub>	392.42	V <sub>rms</sub>	F <sub>E</sub>	92.618	

measure: CH set gen. set disp. set functions IEC1000-3 next page

Wirkungsgradmessung

## 3 kW Ladegerät Flurförderfahrzeuge

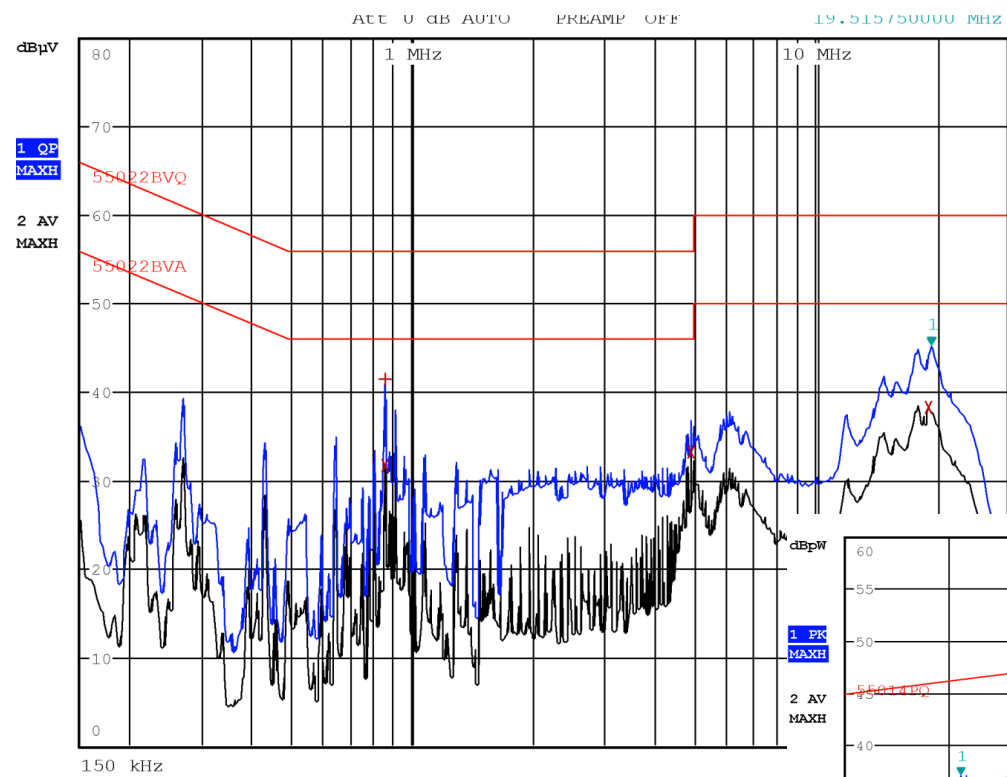
### Technische Daten:

Ausgangsleistung	3,25 kW max
Ausgangsspannung	36 V oder 48 V
Ausgangsstrom	65 A
Eingangsspannung	230 V +/-10%
Eingangsstrom	$\leq 16$ A (PF=0.99)
Wirkungsgrad	>90%

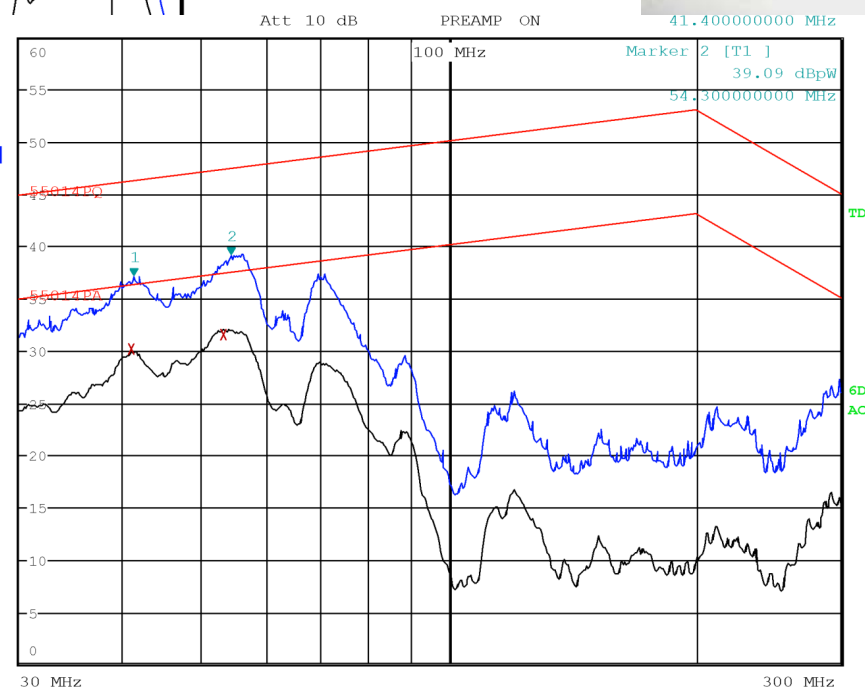
### Weitere Eigenschaften:

- max. 68 V / 48 A (50% ED 3min/3min) f. Elektrolytumwälzung
- EMV: 55022 Klasse B mit Reserve
- Baugruppenkosten: ca.: 0.08 USD/W

# 3 kW Ladegerät



Leitungsgebundene  
 Störaussendung (I = 65 A)



Störleistung am Ausgang (I = 65A)

Serienbaugruppe des 3 KW  
 Ladegerätes

# 15 kW kontaktlose Energie- mit integrierter 10 Mbit/s Datenübertragung

## Technische Daten:

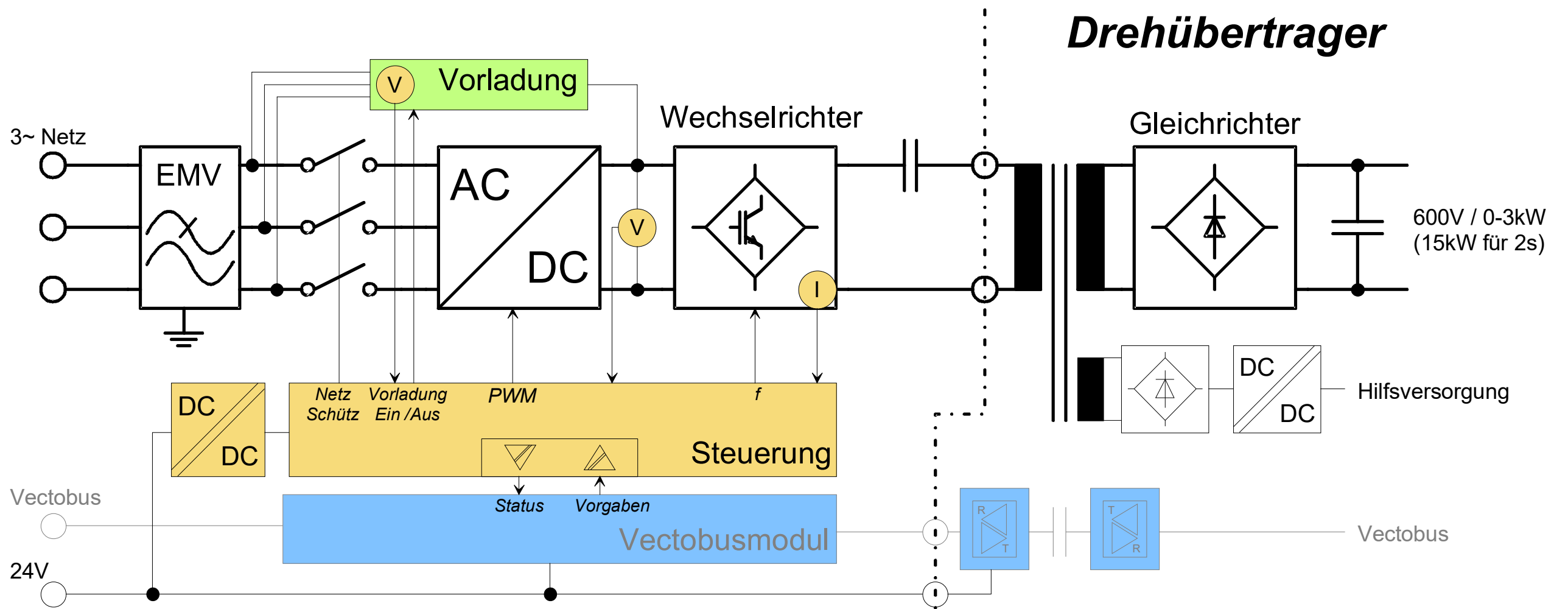
Ausgangsleistung	15,6 kW / 2 s, 3 kW dauer
Ausgangsspannung	440...600 Vdc
Eingangsspannung	3 x 400 Vac
Max. Eingangsstrom	27 Aac

Datenrate	10 Mbit/s
Protokoll	Bit-Transparent

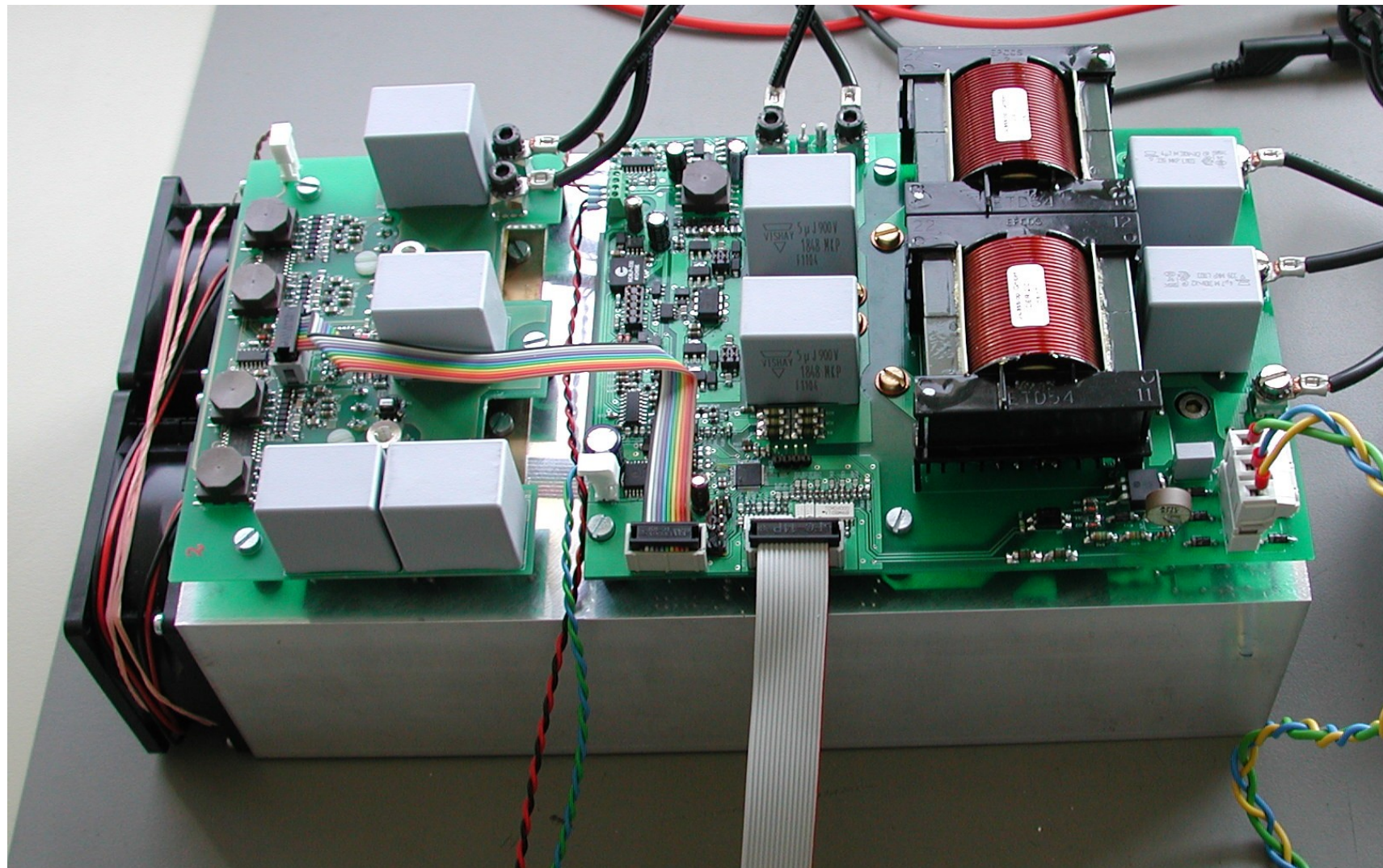
## Weitere Eigenschaften:

- Integrierte 80 V / 1A Hilfsversorgung
- Ausgangsspannung in 16 Stufen via Kommunikationspfad abstimmbar

# 15 kW kontaktlose Energie- mit integrierter 10 Mbit/s Datenübertragung



## 15 kW kontaktlose Energie- mit integrierter 10 Mbit/s Datenübertragung



Funktionsmuster primäre Leistungselektronik für die 15 kW  
kontaktlose Energieübertragung

# 10 kW Labornetzgeräte

## Technische Daten:

	<b>Hochspannungs- gerät</b>	<b>Hochstromgerät</b>
Ausgangsleistung	10 kW	
Ausgangsspannung	0...1000 Vdc	0...20 Vdc
Ausgangsstrom	0...10 A	0...500 A
Eingangsspannung	187...550 Vac	
Wirkungsgrad	>92%	

## Weitere Eigenschaften:

- Realisierungskonzepte sind die Basis für eine Geräteserie, d.h. weitere Geräte können durch Verschaltung der Komponenten einfach abgeleitet werden
- Geräte bestehen aus Halbleitern mit max. 600 V Sperrspannung

# Leistungsteil für Impuls-MAG Schweißgerät

## Technische Daten:

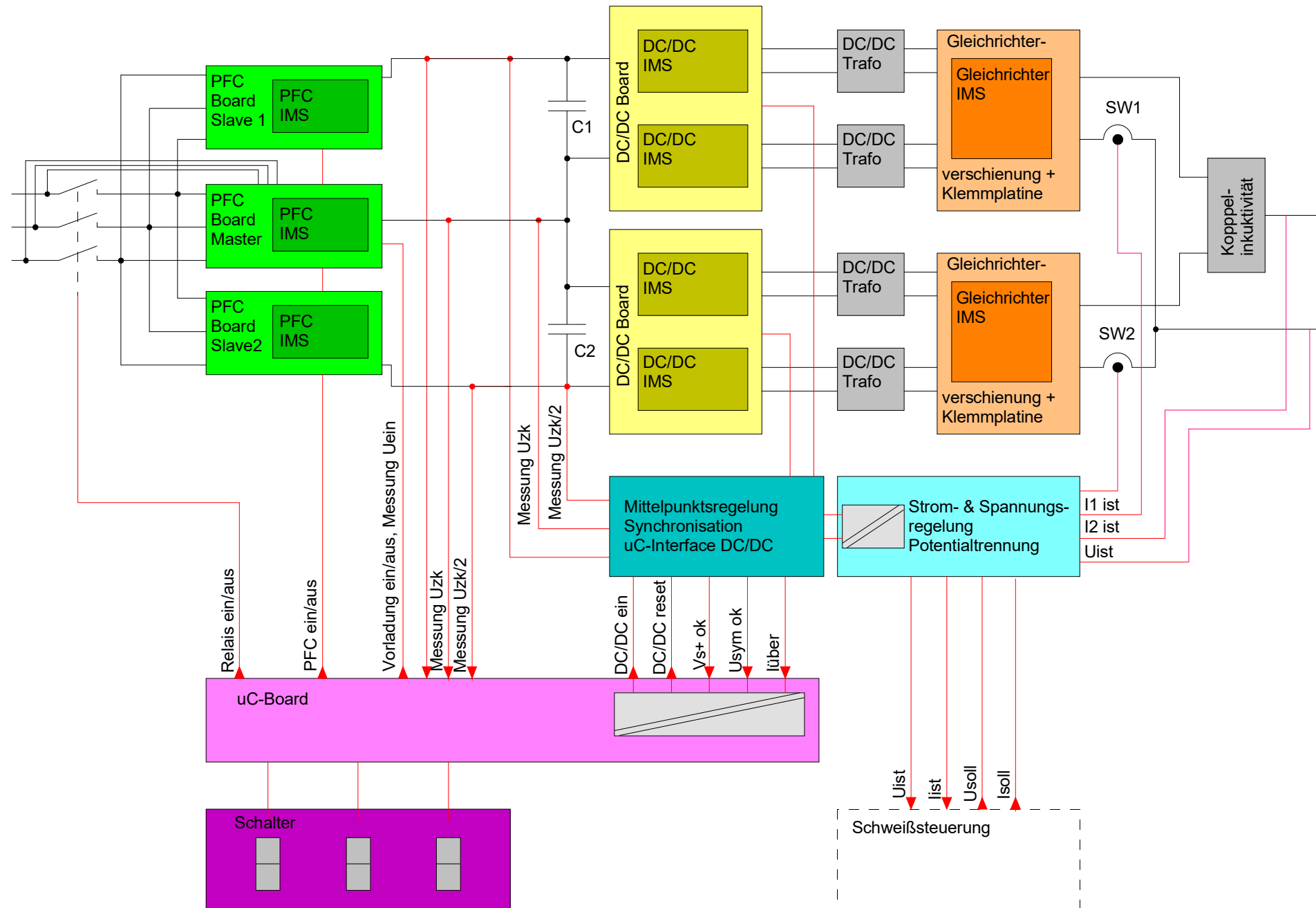
Ausgangsleistung	44 kW max.
Ausgangsspannung	5...80 V
Ausgangsstrom	5...1000 A
Eingangsspannung	3 x 400 Vac +/- 15%
Stromdynamik	1000 A/ms
Wirkungsgrad	>92%

## Weitere Eigenschaften:

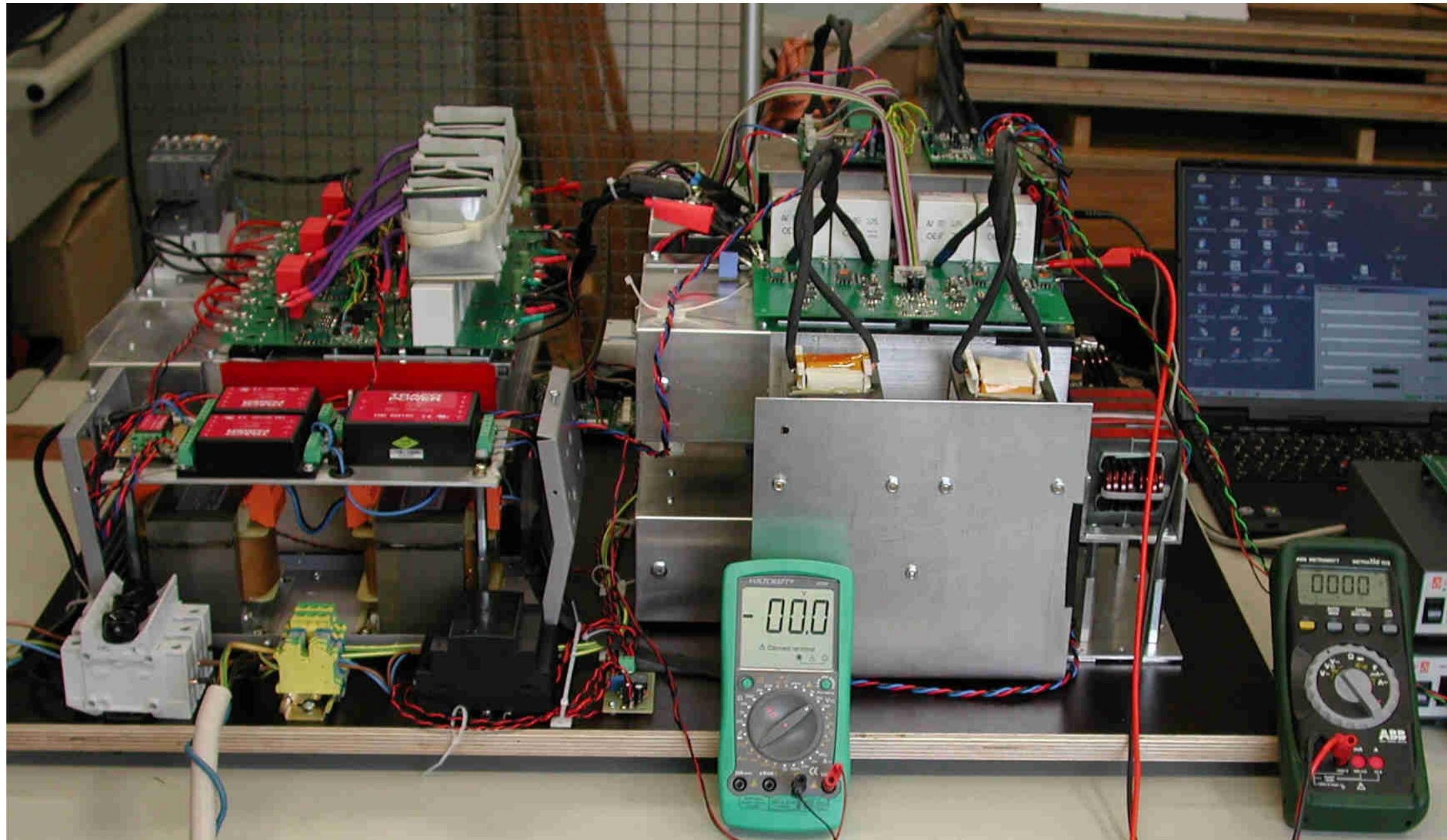
- Realisierungskonzept ist die Basis für eine Geräteserie, d.h. weitere Geräte können durch Verschaltung bzw. Reduzierung der Komponenten abgeleitet werden
- DC/DC-Teil besteht aus Halbleitern mit 600 V Sperrspannung



# Leistungsteil 44 kW für Impulsschweißgerät



## Leistungsteil für Impuls-MAG Schweißgerät (Erstfunktionsmuster)



# 10 kW Weitbereichs-Eingangsstufe

## Technische Daten:

Ausgangsleistung	10 kW
Ausgangsspannung	2 x 400 V
Eingangsspannung	3 x 187...550 Vac
Leistungsfaktor	0,93
Wirkungsgrad	>98%

## Weitere Eigenschaften:

- Nur Halbleiter mit 600 V Sperrspannung erforderlich
- Sehr geringe Baugröße
- Geringe EMV-Störungen
- Innovative digitale 3-Level-Regelung mit Symmetrierung der Ausgangsspannungen
- Zerstörungssicher bis 1200 V (850 Vac)

## 10 kW Weitbereichs-Eingangsstufe



# Referenzen

