

# Wandler-Wirkungsgrad

## *Dichtung* & Wahrheit

Ralf Higgelke, DESIGN&ELEKTRONIK  
Benjamin Stoll, inpotron Schaltnetzteile

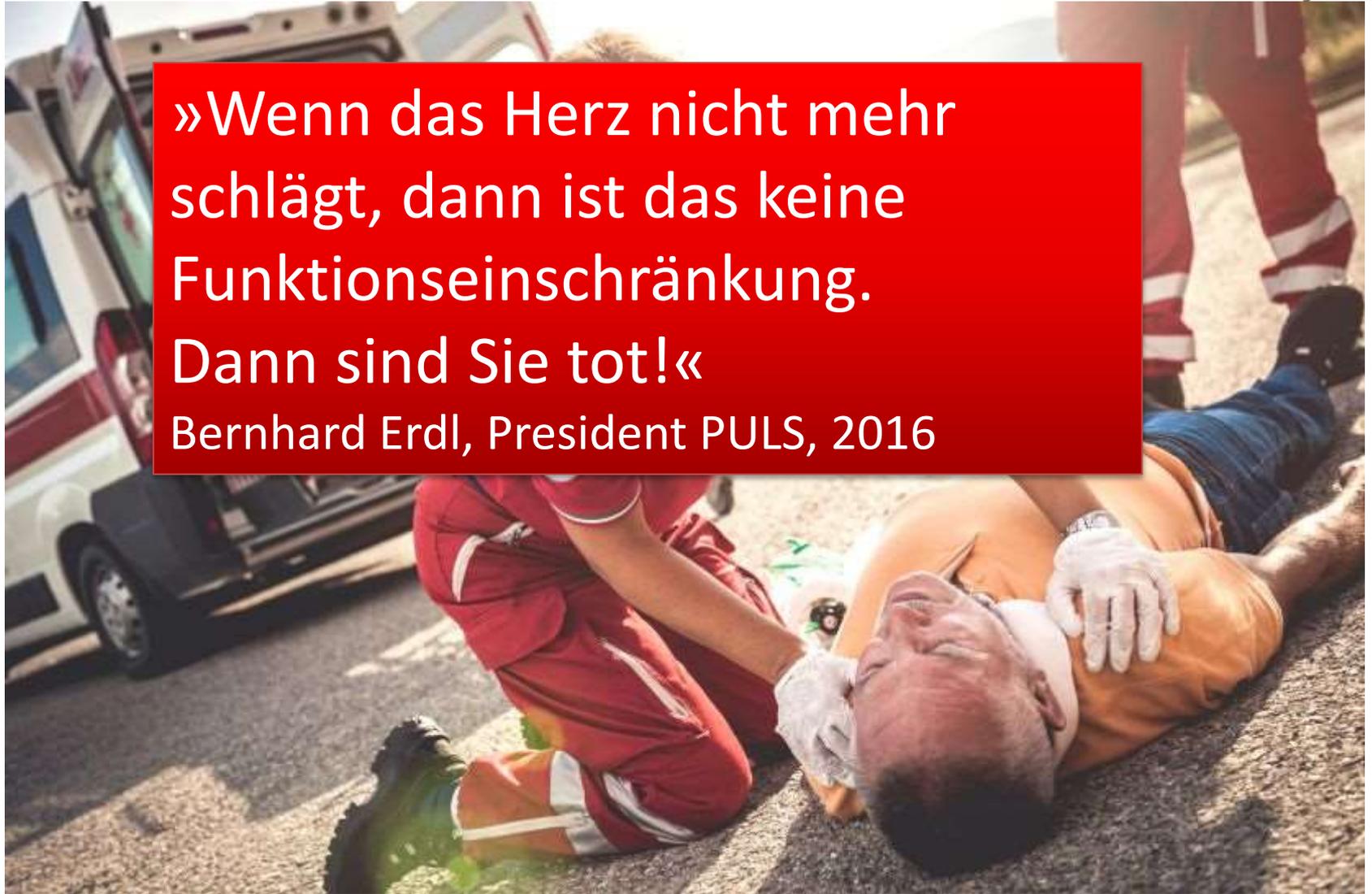
## Gliederung

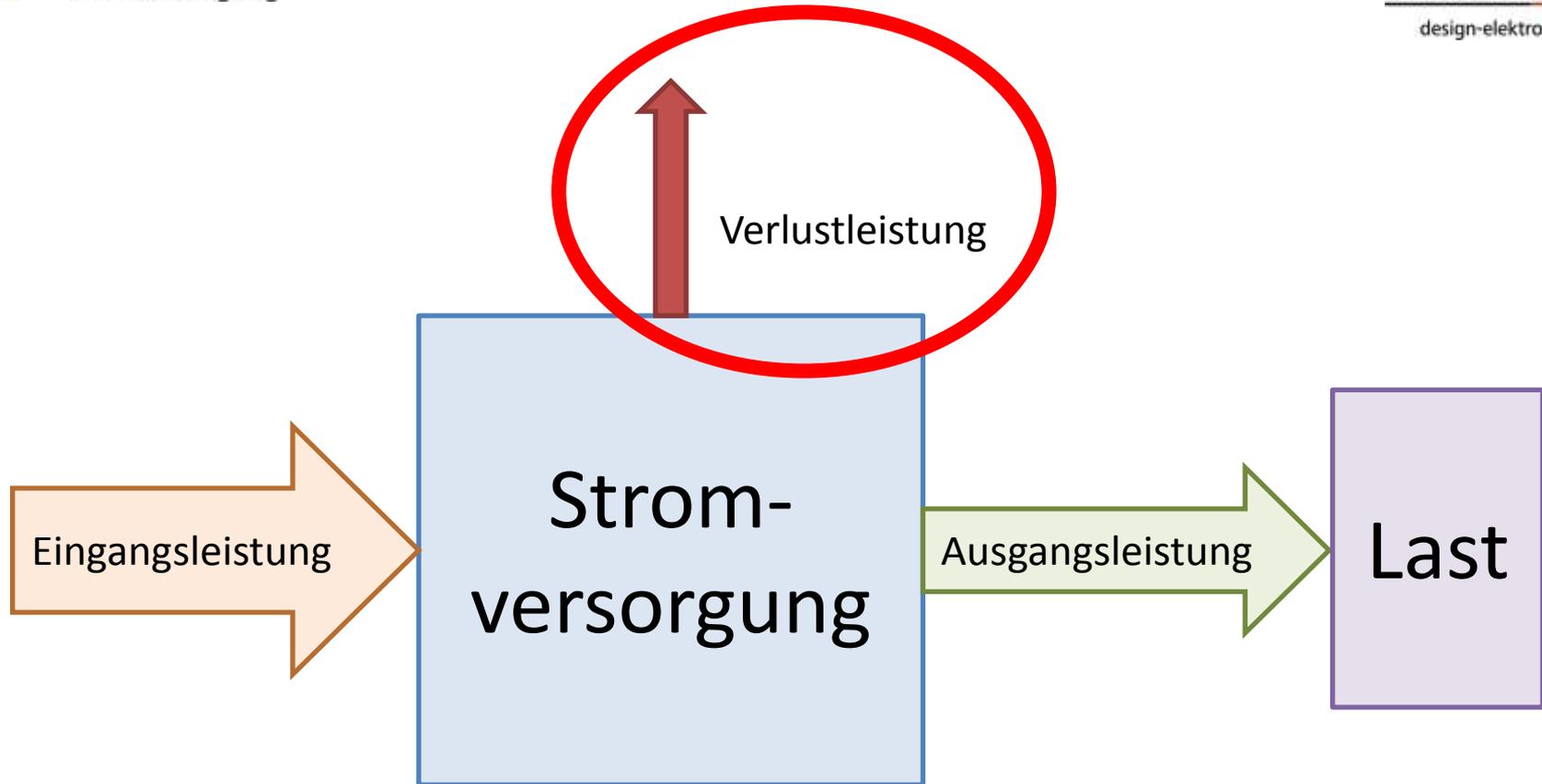
- **Motivation** – Warum ist der Wirkungsgrad wichtig?
- *Dichtung* – Was in den Datenblättern steht
- **Wahrheit** – Was wir gemessen haben
- **Zusammenfassung & Ausblick**

# Motivation

Oder: Warum ist der Wirkungsgrad wichtig?

»Wenn das Herz nicht mehr schlägt, dann ist das keine Funktionseinschränkung. Dann sind Sie tot!«  
Bernhard Ertl, President PULS, 2016





$$\eta = \frac{P_{aus}}{P_{ein}}$$

$$P_{verlust} = P_{ein} - P_{aus}$$

**RECOM**

## Fit & Forget

- **Langlebigkeit**
- **Zuverlässigkeit**
- **Hohe Qualität**

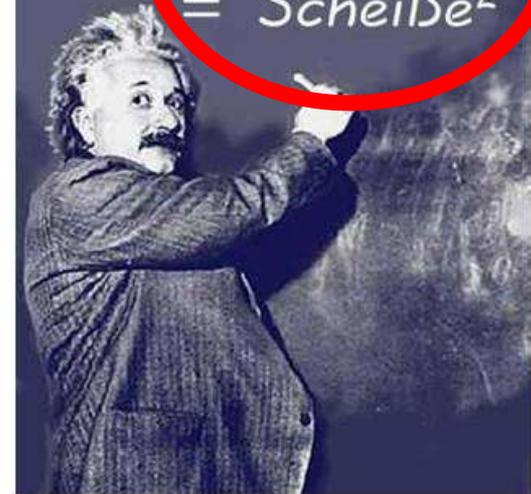
z.B. 5000 h  
bei +105 °C

Brauchbarkeit s-/  
Lebensdauer

MTBF

Arbeit  
+ Hitze  
= Scheiße<sup>2</sup>

Temperatur  
ist der Killer Nr. 1  
für Stromversorgungen



AC/DC CONVERTERS · DC/DC CONVERTERS · SWITCHING REGULATORS · LED DRIVERS

Quelle: Th. Rechlin: »Fit& Forget – oder worauf es bei der Lebensdauer wirklich ankommt«, Recom, Anwenderforum Stromversorgung 2016

## Lebensdauer von Elektrolytkondensatoren

$$L = L_0 \cdot 2^{\frac{T_0 - T_U}{10}}$$

$L_0$  = Lebensdauerklasse nach Datenblatt (z. B. 5000 h/+105 °C)

$T_0$  = obere Grenztemperatur (z. B. +105 °C)

$T_U$  = Betriebstemperatur des Elkos

### End-of-Life-Kriterium von Alu-Elkos

(z. B. Lebensdauerklasse 5000 h/+105 °C)

Nach 5000 h bei +105 °C beträgt die Kapazität nur (immer) noch 80 % des Nennwerts.

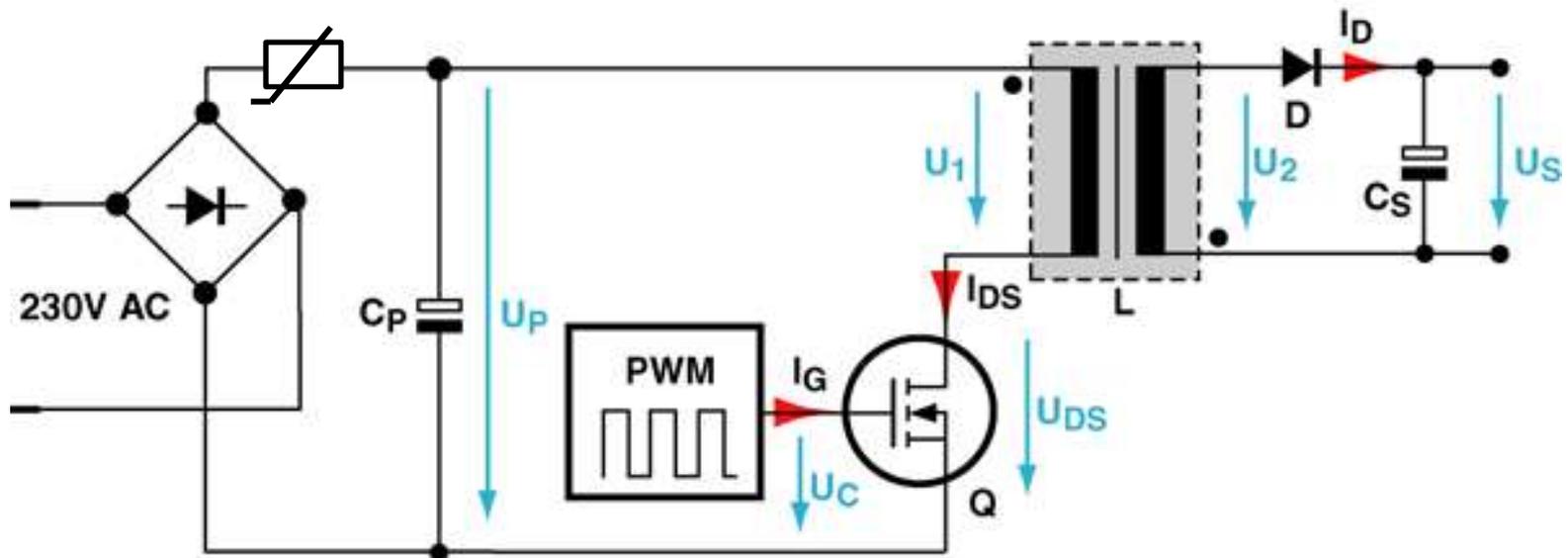
## Lebensdauer von Elektrolytkondensatoren (und damit auch des Netzteils)

	Spezifizierte Lebensdauer (Güteklasse) der Elkos		
$T_U$	2000 h/+85 °C	2000 h/+105 °C	5000 h/+105 °C
+105 °C	----	2.000 h (0,2 Jahre)	5.000 h (0,6 Jahre)
+95 °C	----	4.000 h (0,5 Jahre)	10.000 h (1,1 Jahre)
+85 °C	2.000 h (0,2 Jahre)	8.000 h (0,9 Jahre)	20.000 h (2,3 Jahre)
+75 °C	4.000 h (0,5 Jahre)	16.000 h (1,8 Jahre)	40.000 h (4,6 Jahre)
+65 °C	8.000 h (0,9 Jahre)	32.000 h (3,7 Jahre)	80.000 h (9,1 Jahre)
+55 °C	16.000 h (1,8 Jahre)	64.000 h (7,3 Jahre)	160.000 h (18,3 Jahre)
+45 °C	32.000 h (3,7 Jahre)	128.000 h (14,6 Jahre)	320.000 h (36,5 Jahre)

Quelle: Bicker Elektronik

## Der Wirkungsgrad ist DIE Kennzahl für die Qualität einer Stromversorgung

- Auswahl der Bauteile
- Auswahl der Topologie
- thermisches Design



Blockschaltbild Sperrwandler (Quelle: InfoTip)

# *Dichtung*

Oder: Was in den Datenblättern steht

## Eng definierte Produktgruppe als Studienobjekt

Isolierte DC/DC-Wandler für die Leiterplattenmontage,  
Standardformat 2 Zoll x 1 Zoll, Ausgangsleistung ca. 30 W

## Studienteilnehmer

- Artesyn AAE10A18-L
- Artesyn AAE08A18-L
- Mornsun URB2405LD-30WR3
- MTM Power PMD3024S05
- Recom RP30-2405SFW
- TDK-Lambda CCG30-24-05S
- Cincon EC9BW-24S05
- CUI PDQ30-Q24-S5-D
- Traco TEN 30-2411
- Murata NPH15S2405ic
- Mean Well SKM30A-12
- Cosel MGFS302412

# Einige ausgewählte Datenblätter

# AEE Series

## 50 Watts

### Data Sheet

**Total Power:** 50 Watts  
**Input Voltage:** 12 V, 24 V or 48 V  
**# of Outputs:** Single

### SPECIAL FEATURES

- Encapsulated
- Wide 4:1 input range
- 1" x 2" DIP package
- 1500 Vdc I/O isolation
- Single and Dual output
- OCP, OVP, OTP Protection
- Remote On/Off
- **High efficiency - 92%**

### SAFETY

- UL/cUL 60950-1 (CSA)



Erweckt den Eindruck, der Wirkungsgrad sei konstant!!

Electrical Specifications	
<b>Input</b>	
Input range:	9 to 36 Vdc; 18 to 75 Vdc
Efficiency <sup>2</sup> :	92% @ 12 Vo
<b>Output</b>	
Voltage tolerance:	±1.0%
Line regulation:	±0.5%

Warranty: 3 yr

**TR  
PO**

**Features**

- ◆ Smallest e
- ◆ 2" x 1" x with isola
- ◆ Single- ar
- ◆ I/O isolat
- ◆ Excellent efficiency up to 91 %
- ◆ Operating temp. range -40°C to +85°C
- ◆ Remote On/Off
- ◆ Over-temperature protection
- ◆ 3-year product warranty

Models				
Ordercode	Input voltage	Output voltage	Output current max.	Efficiency typ.
TEN 30-1207	9 - 18 VDC (nominal 12 VDC)	1.5 VDC	8'500 mA	77 %
TEN 30-1209		2.5 VDC	8'000 mA	84 %
TEN 30-1210		3.3 VDC	8'000 mA	85 %
TEN 30-1211		5.1 VDC	6'000 mA	87 %
TEN 30-1212		12 VDC	2'500 mA	89 %
TEN 30-1213		15 VDC	2'000 mA	89 %
TEN 30-1221		±5 VDC	±3'000 mA	87 %
TEN 30-1222		±12 VDC	±1'250 mA	87 %
TEN 30-1223		±15 VDC	±1'000 mA	87 %
TEN 30-2407		18 - 36 VDC (nominal 24 VDC)	1.5 VDC	8'500 mA
TEN 30-2409	2.5 VDC		8'000 mA	85 %
TEN 30-2410	3.3 VDC		8'000 mA	87 %
TEN 30-2411	5.1 VDC		6'000 mA	90 %
TEN 30-2412	12 VDC		2'500 mA	91 %
TEN 30-2413	15 VDC		2'000 mA	91 %
TEN 30-2421	±5 VDC		±3'000 mA	90 %
TEN 30-2422	±12 VDC		±1'250 mA	89 %
TEN 30-2423	±15 VDC		±1'000 mA	90 %

Steve Roberts, Recom, 2017

The TEN-30 series is the latest generation of high performance dc-dc converter modules setting a new standard concerning power density. This product with 30W comes in an encapsulated, shielded metal package with a footprint of only 1.0" x 2.0". All models have wide 2:1 input voltage range and precisely regulated

## DC/DC Converter URA\_LD-30WR3 & URB\_LD-30WR3 Series

# MORNSUN®

30W, Ultra wide input isolated & regulated dual/  
single output, DC/DC converter



### FEATURES

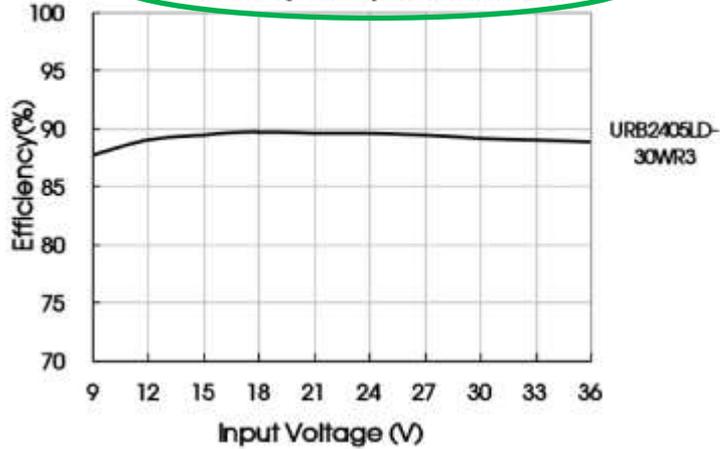
- Ultra wide input voltage range (4:1)
- High efficiency up to 90% with full load
- High efficiency up to 82% with 5% load
- No-load power consumption as low as 0.14W
- Isolation voltage: 1.5K VDC
- Input under-voltage protection, output short circuit, over-voltage, over-current protection
- Operating temperature range: -40°C to +80°C
- Meet CISPR22/EN55022 CLASS A, without external components
- Six-sided metal shielding package
- Reverse voltage protection available with A2S(Chassis mounting) or A4S(35mm DIN-Rail mounting)
- IEC60950, UL60950, EN60950 approval

## Selection Guide

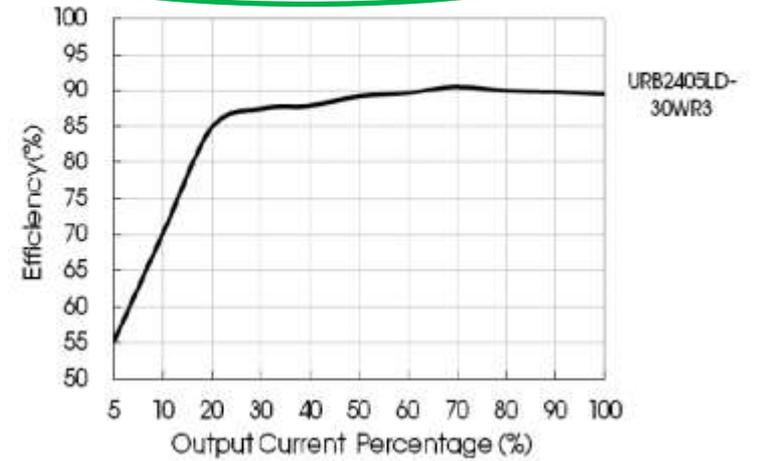
Certification	Part No. <sup>①</sup>	Input Voltage (VDC)		Output		Efficiency <sup>④</sup> (%Min./Typ.) @ Full Load	Max. Capacitive Load(μF) <sup>⑤</sup>
		Nominal <sup>②</sup> (Range)	Max. <sup>③</sup>	Output Voltage (VDC)	Output Current (mA)(Max./Min.)		
UL/CE/CB	URB2403LD-30WR3	24 (9-36)	40	3.3	6000/0	83/85	10000
	URB2405LD-30WR3			5	6000/0	86/88	10000
	URB2409LD-30WR3			9	3333/0	86/88	4700
	URB2412LD-30WR3			12	2500/0	88/90	2700
	URB2415LD-30WR3			15	2000/0	88/90	1680
	URB2424LD-30WR3			24	1250/0	88/90	680
CE	URA2405LD-30WR3			±5	±3000/0	84/86	2000
	URA2412LD-30WR3			±12	±1250/0	87/89	1250
UL	URA4815LD-30WR3			±15	±1000/0	86/88	680

- Notes: ①Series with suffix "H" are heat sink mounting; series with suffix "A2S" are chassis mounting, with suffix "A4S" are DIN-Rail mounting, for example URB2405LD-30WHR3A2S is chassis mounting of with heat sink. URB2405LD-30WR3A4S is DIN-Rail mounting of without heat sink; If the application has a higher requirement for heat dissipation, you can choose modules with heat sink;
- ②A2S (wiring) and A4S (rail) Model due to input reverse polarity protection function, input voltage range the minimum value and starting voltage is higher than 1VDC DIP package;
- ③Absolute maximum rating without damage on the converter, but it isn't recommended;
- ④Efficiency is measured in nominal input voltage and rated output load; A2S (wiring) and A4S (rail) Model due to input reverse polarity protection, minimum efficiency greater than Min.-2 is qualified;
- ⑤ The capacitive loads of positive and negative outputs are identical.

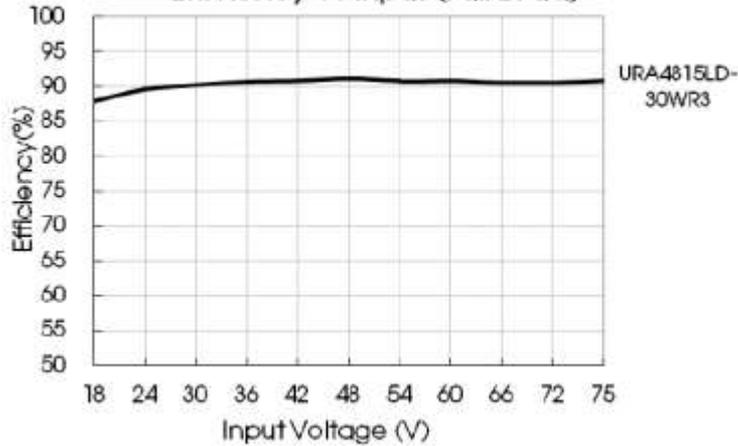
Efficiency Vs Input (Full Load)



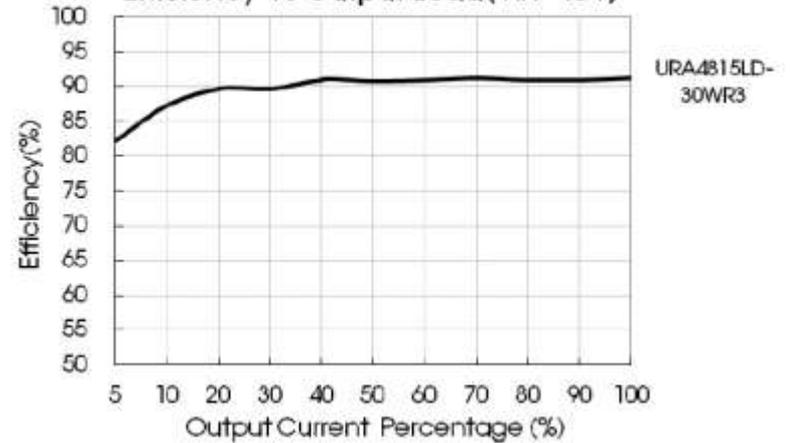
Efficiency Vs Output Load (Vin=24V)



Efficiency Vs Input (Full Load)



Efficiency Vs Output Load (Vin=48V)





## Was fehlt in ALLEN Datenblättern?

- Angaben über die verwendete Messmethode
- Angaben über das verwendete Messequipment
- Angaben über die Messgenauigkeit

## Ist den Anwendern die Angabe des Wirkungsgrads wichtig? (Ergebnisse einer von mir 2016 durchgeführten Marktstudie mit über 1.200 Teilnehmern)

- 82 % wollte lieber, dass der Wirkungsgrad angegeben ist statt die Verluste.
- 78 % wollte eine standardisiertes Verfahren für die unabhängige Bestimmung des Wirkungsgrads.

## Die ultimativen Fragen lauten:

- Warum sind die die Wirkungsgradangaben in den Datenblättern so diffus?
- Warum gibt es kein standardisiertes Verfahren zur Bestimmung des Wirkungsgrads?

## Mein Fazit:

**Die Hersteller sind an einer  
Vergleichbarkeit (und damit  
Austauschbarkeit) ihrer  
Produkte nicht wirklich  
interessiert!!!**

# Wahrheit

Oder: Was wir gemessen haben

## **Methode:**

Basis ist das 32-seitiges Whitepaper »Accurate Efficiency Measurements« der EPSMA (European Power Supply Manufacturers' Association)

## **Gemessene Parameter:**

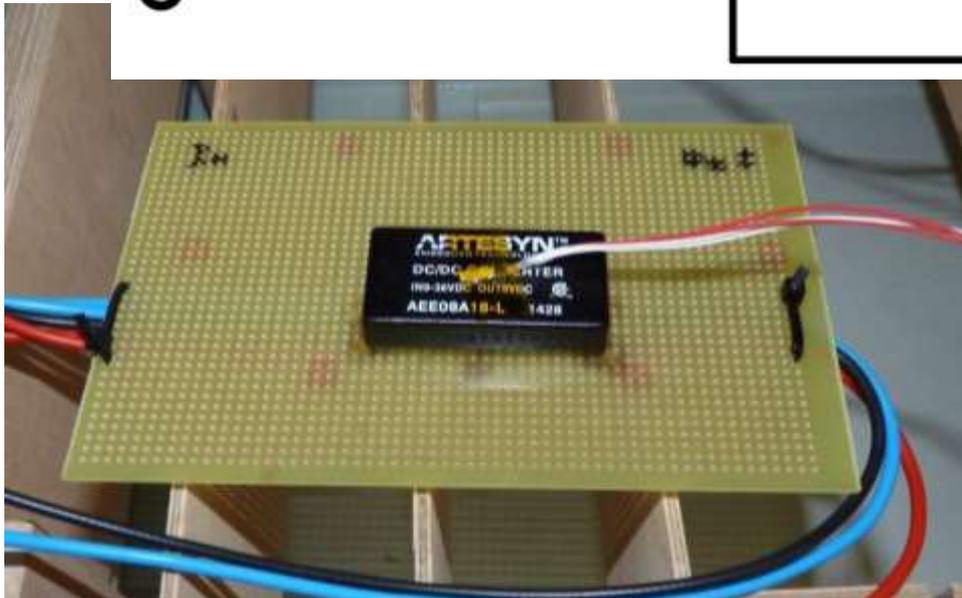
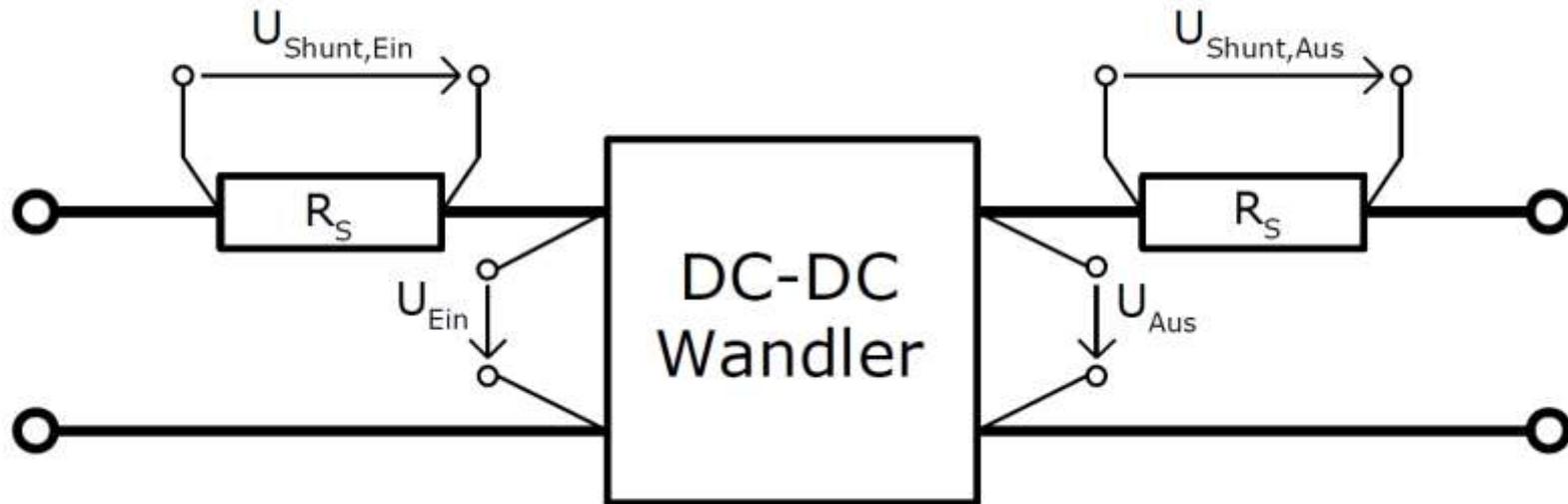
### *Wirkungsgrad und Temperaturen*

- im Nennbetrieb,
- über die verschiedene Parameter bis an die Grenzen des Arbeitsbereichs
  - Laststrom: 0 % bis 100 %,
  - Temperatur:  $-40\text{ °C}$  bis  $+75\text{ °C}$  (teilweise),
  - Eingangsspannung: 9 V bis 36 V,
  - Leerlaufstrom

## **Einflussfaktoren auf die Messung des Wirkungsgrads** (nach EPSMA Paper)

- **Messaufbau:**  
Quelle (AC!), Querschnitt der Power-Leitungen, Anschluss der Sense-Leitungen, Instrumentierung (AC!)
- **Umgebung:**  
offenes Fenster, Lüfter im Klimaschrank, Höhe über NN
- **Fehlerströme (meist nur AC):**  
Gleichtakt-/Gegentaktströme, Leckströme

## Unser Messaufbau

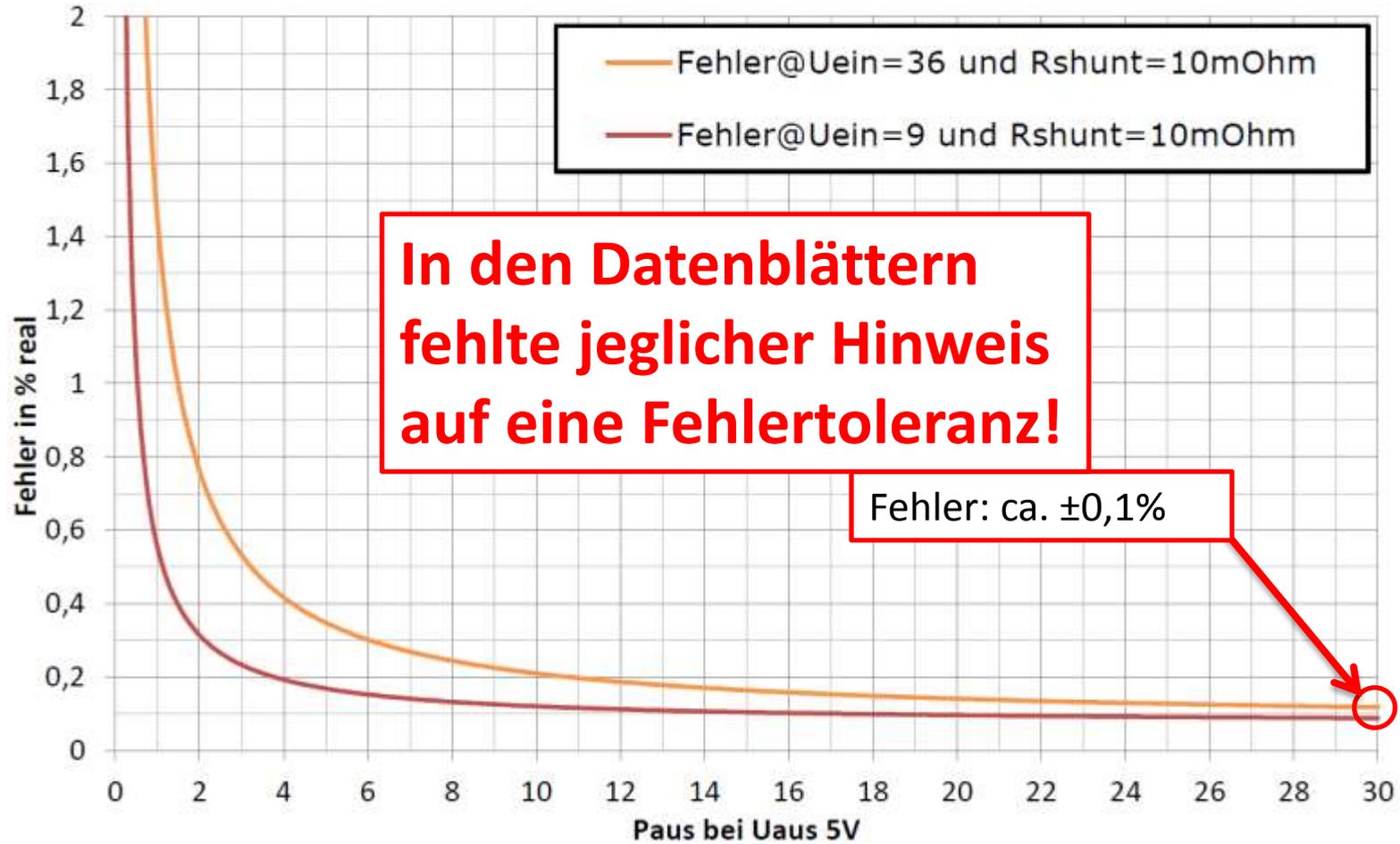


## Unser Messaufbau



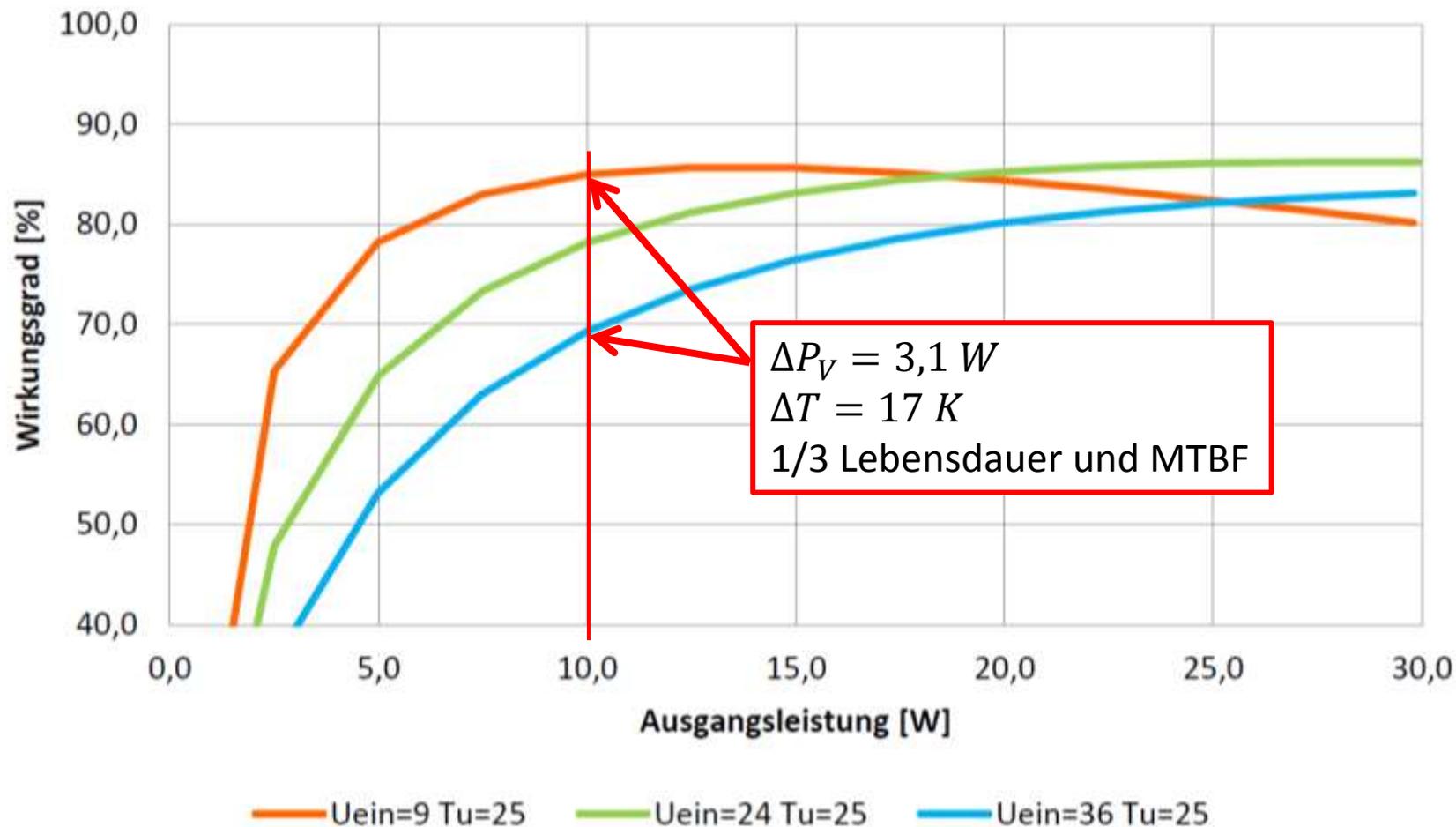
**In den Datenblättern  
fehlte jeglicher Hinweis  
auf den verwendeten  
Messaufbau!**

## Wie »gut« ist unsere Wahrheit?

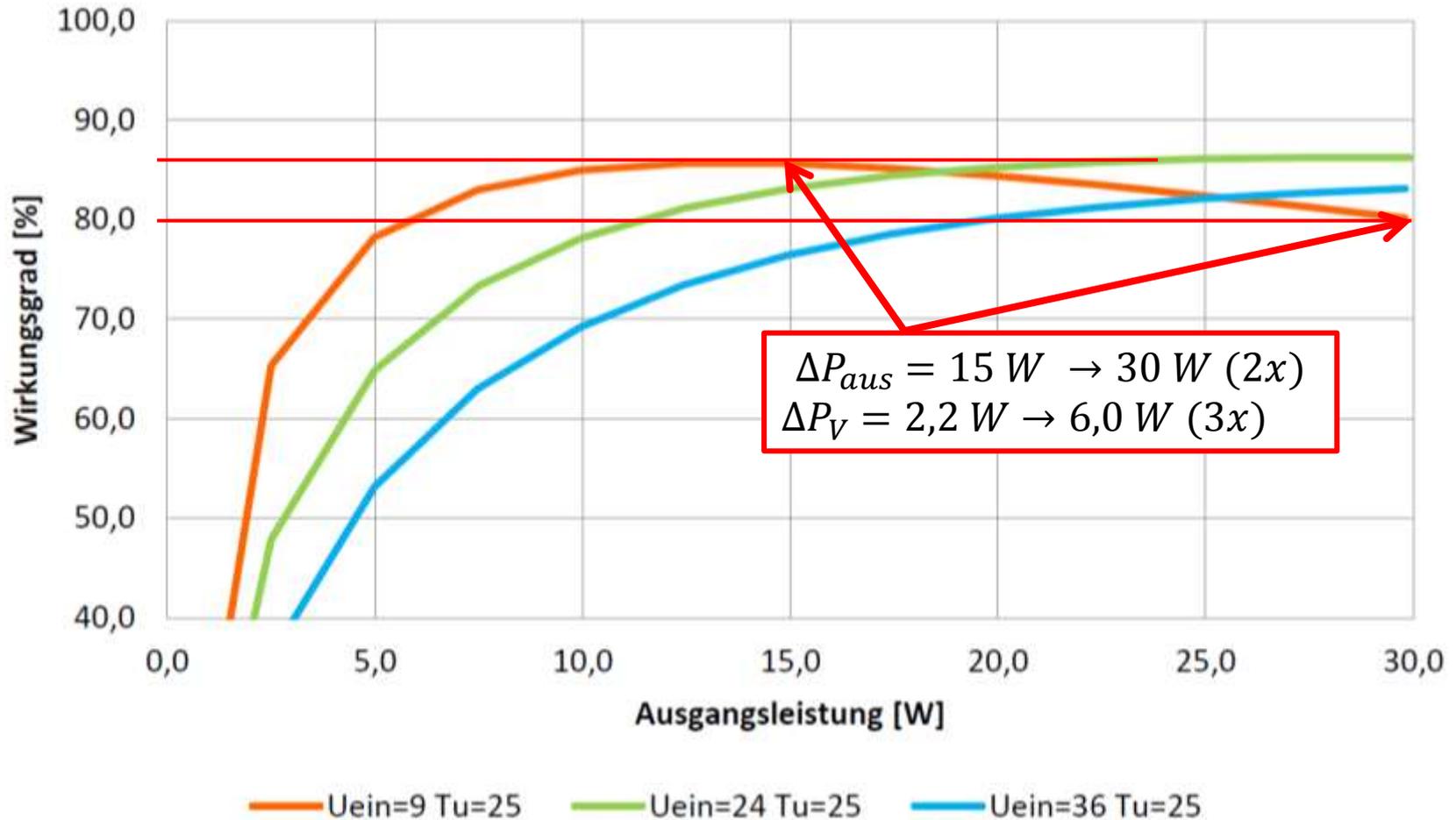


# Einige ausgewählte Messkurven

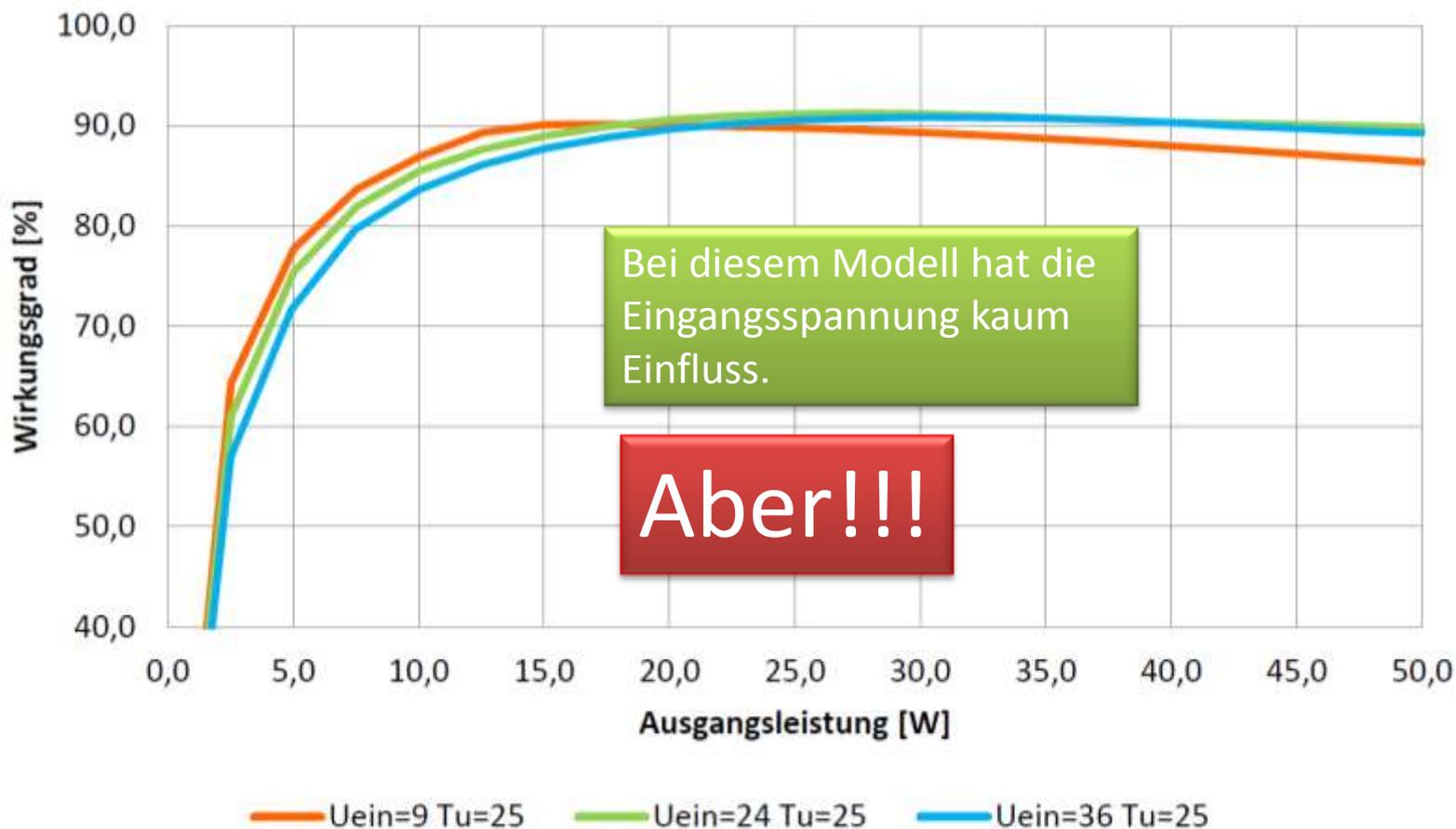
## Einfluss von Leit- und Schaltverlusten Recom RP30-2405LDS05



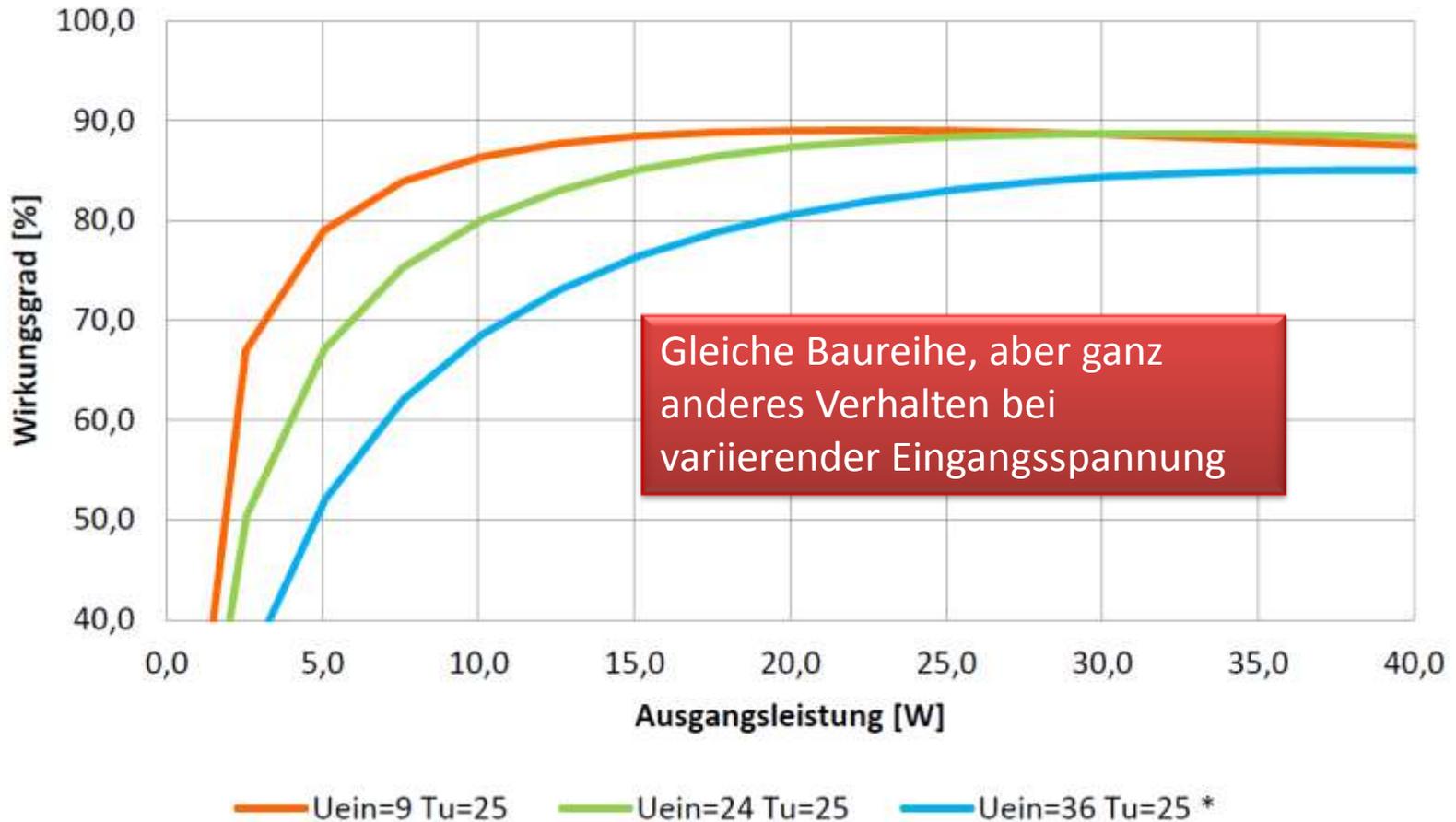
## Einfluss von Leit- und Schaltverlusten Recom RP30-2405LDS05



## Einfluss von Leit- und Schaltverlusten Artesyn AEE10A18-L (50-W-Gerät)

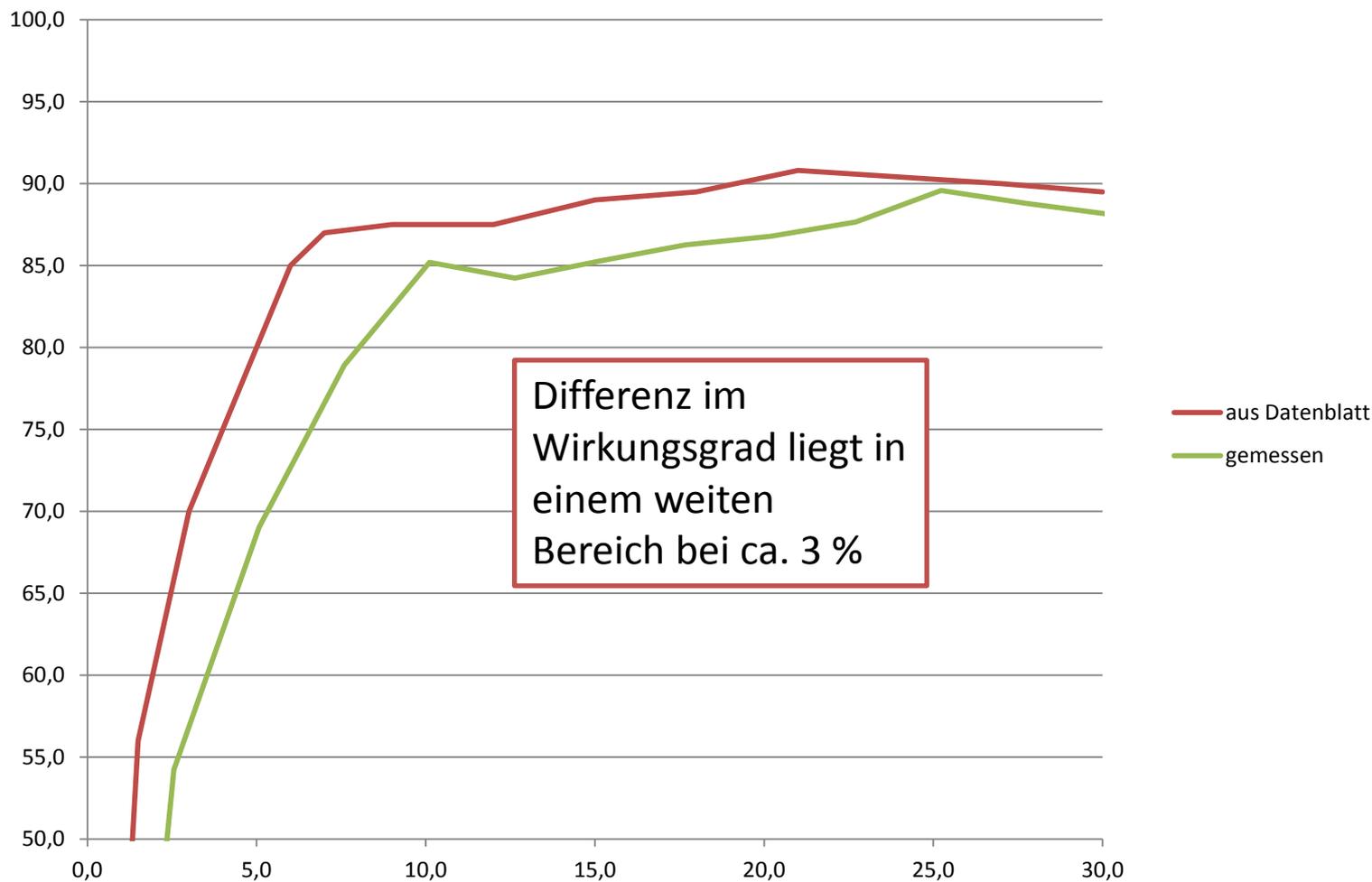


## Einfluss von Leit- und Schaltverlusten Artesyn AEE08A18-L (40-W-Gerät)



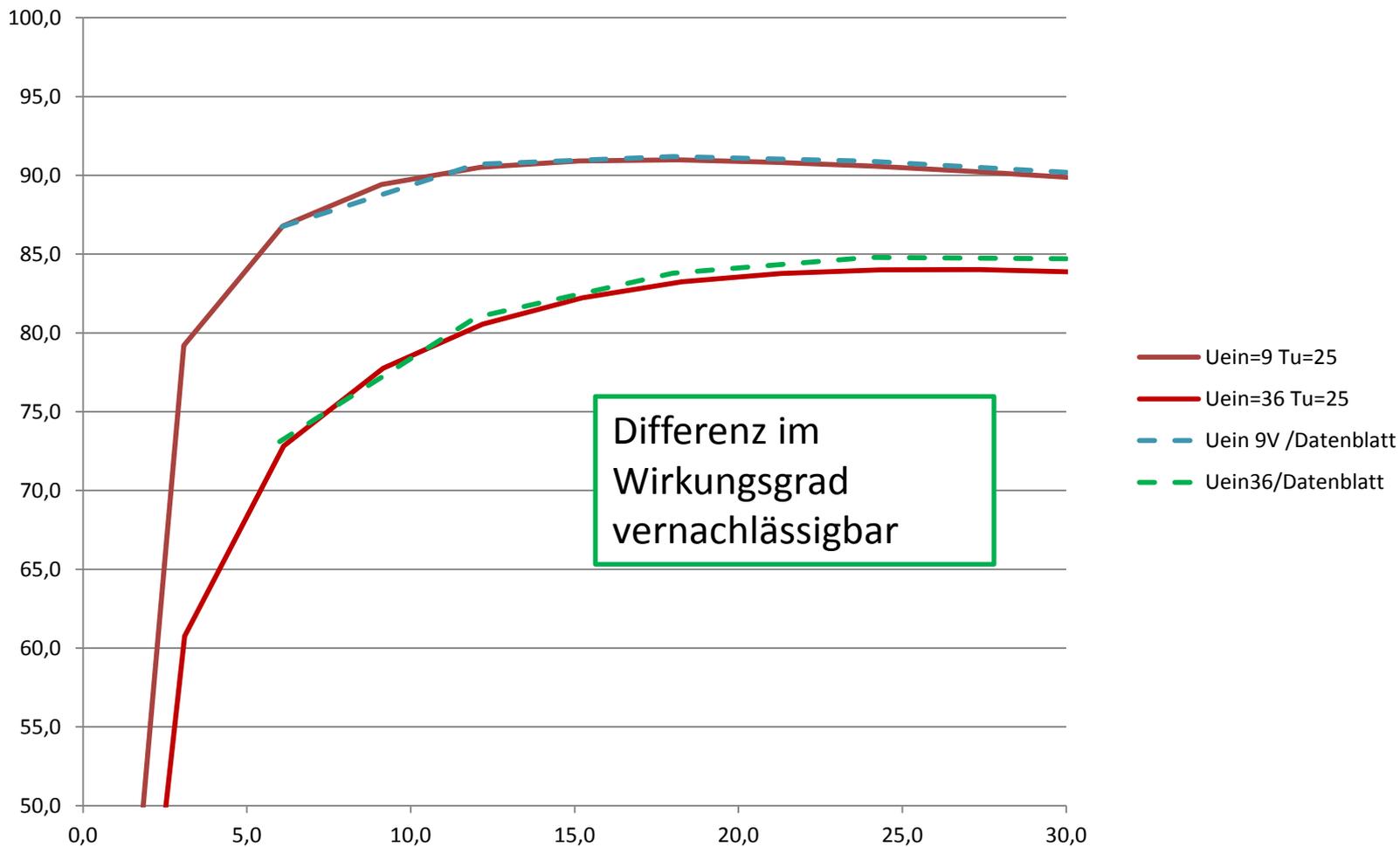
## Messung vs. Datenblatt

Mornsun URB2405LD-30WR3, bei Nennbedingungen:  $U_{\text{ein}} = 24 \text{ V}$ ,  $T_u = +25 \text{ °C}$

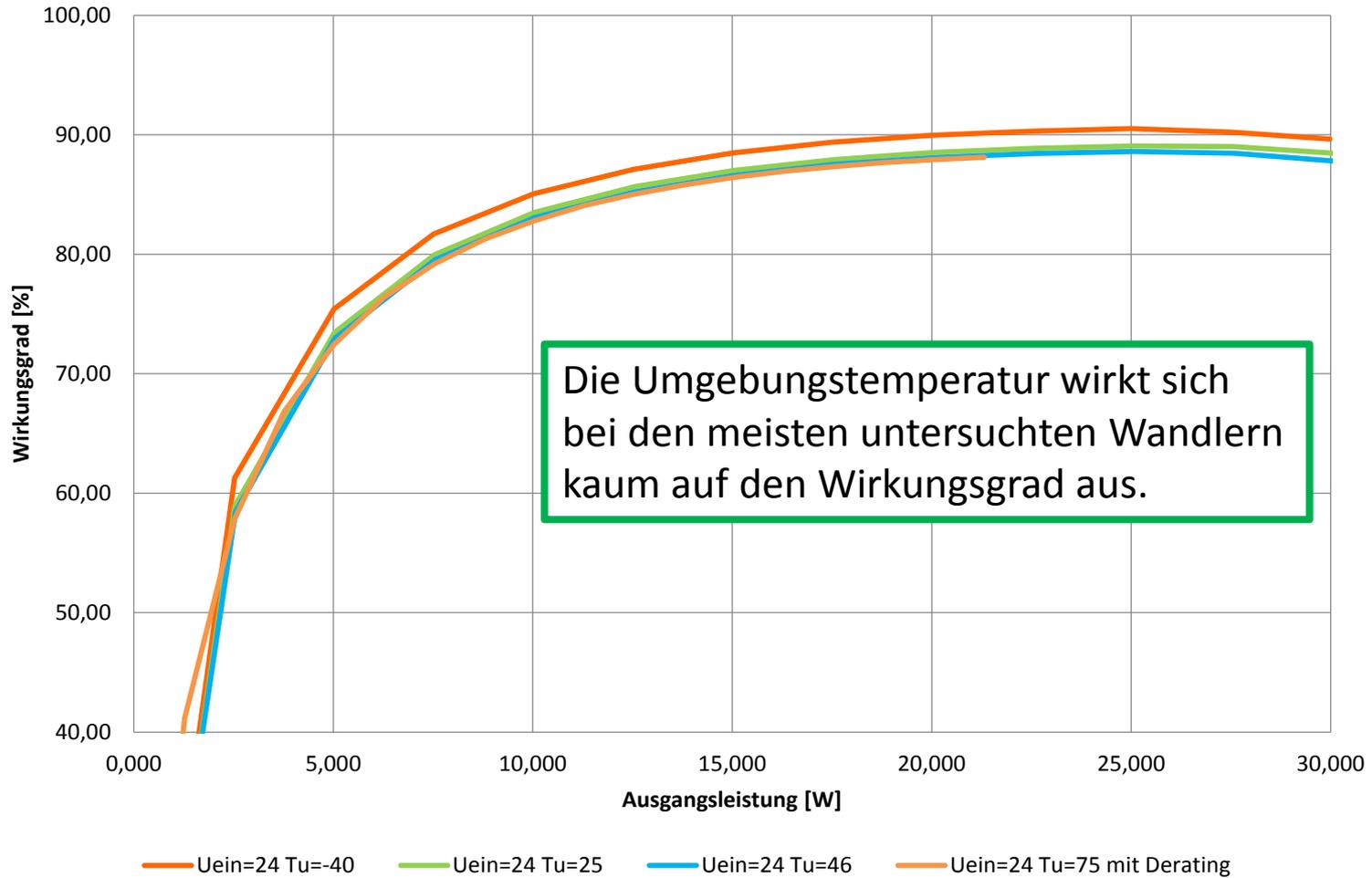


## Messung vs. Datenblatt

Cosel MGFS302412 bei verschiedenen Eingangsspannungen,  $T_u = +25\text{ °C}$



## Wirkungsgrad bei verschiedenen Umgebungstemperaturen TDK-Lambda CCG30-24-05



# Zusammenfassung & Ausblick

# Forderungen an die Stromversorgungshersteller

## Datenblatt nachbessern

- Wirkungsgrad nicht nur als einzelne blanke Zahl (*bei 7 von 12 Datenblättern*) angeben, sondern als Kurve über den Laststrom bei
  - *verschiedenen Umgebungstemperaturen und*
  - *verschiedenen Eingangsspannungen*
- Angaben über die verwendete Messmethode
- Angaben über das verwendete Messequipment
- Angaben über die Messgenauigkeit
- Angaben über die Temperaturen
- Angaben über die Lebensdauer

## Handlungsempfehlungen an Sie (Teil 1)

### Öffnen Sie die Stromversorgung und schauen Sie rein

- Wo liegen die wärmeempfindlichen Kondensatoren?  
Liegen Sie dort, wo die Kühlluft eintritt und daher noch relativ kühl ist?
- Kann die Kühlluft ungehindert durch die Stromversorgung fließen und besonders die Kondensatoren umströmen?

## Handlungsempfehlungen an Sie (Teil 2)

### Integration ins Gesamtsystem

- Wohin in meinem System soll ich die Stromversorgung platzieren?
- Gibt es dort einen Wärmestau, z. B. durch abgedeckte Lüftungsschlitze?
- Kommt genügend kühle Luft zur Stromversorgung und kann sie wieder raus?
- Kann ich das Gehäuse als erweiterten Kühlkörper nutzen?

## Handlungsempfehlungen an Sie (Teil 3)

**Bitten Sie den Hersteller, Ihnen umfassende Daten zu Wirkungsgrad UND Temperatur zu geben!**

- Wer ist der Killer Nummer 1 für Stromversorgungen?
- Welcher Parameter beeinflusst die Zuverlässigkeit einer Stromversorgung maßgeblich?
- **Temperatur!!**

In der Evaluierungsphase befestigen Sie an allen verlustbehafteten Bauelementen (Transistoren, Dioden, Induktivitäten, NTC) sowie an allen wärmeempfindlichen Bauelementen (Alu-Elkos) Temperaturfühler und zeichnen die Temperatur im realen Betrieb in Ihrer Anwendung auf.

## Referenzen:

EPSMA White Paper, Accurate Efficiency Measurements,  
<http://www.epsma.org/efficiency.html>

EPSMA White Paper, Thermal Measurements of Power Converters – How and Why?  
<http://www.epsma.org/Thermal%20measurments%20Final.pdf>

Dr. Arne Albertsen, Elko-Lebensdauerabschätzung, Jianghai Europe  
[http://jianghai-europe.com/wp-content/uploads/JIANGHAI\\_Elko\\_Lebensdauer\\_AAL.pdf](http://jianghai-europe.com/wp-content/uploads/JIANGHAI_Elko_Lebensdauer_AAL.pdf)