

Genauere Wirkungsgradmessung bei Stromversorgungen

Bernhard Erdl, PULS GmbH

1. Power-Kongress 2015



Wirkungsgrad bei AC/DC: 230V, 24V/10A

Wirkungsgrad	Eingangsleistung [W]	Verluste [W]	Senkung der Verluste	Markteinführung Serie
95,2%	105	5	-27%	2015 CP10
93,5%	107	7	-37%	2005 QS10
90,0%	111	11	-19%	1998 SL10
88,0%	114	14	0%	1994 DP157
88,0%	114	14	-	1991 DP177



Beispielsrechnung: Ausgang 100 [W]

Einfluss der Messfehler auf die Verlustbestimmung PULS

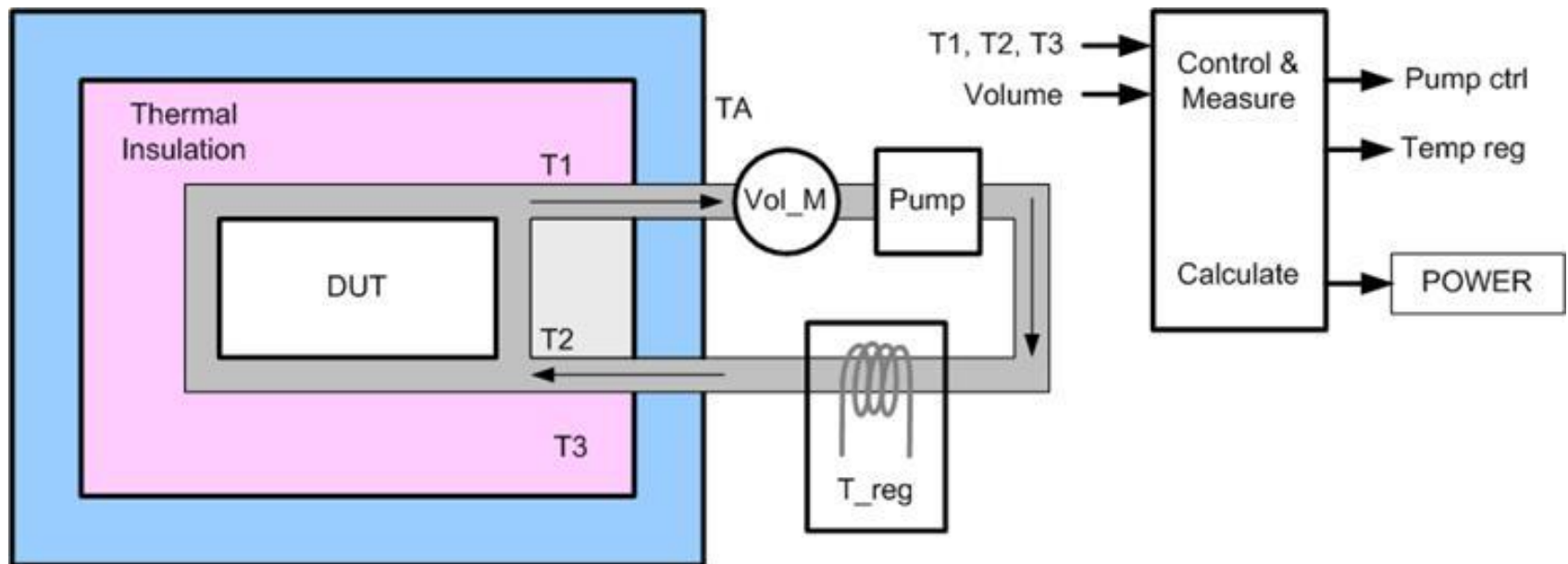
Δ	P_{out}	P_{in}	η	Δ	P_v	
	100W	111,11W	90,0%		11,11W	
1%	99W	"	89,1%	0,9%	12,11W	+9%
1%	100W	112,22W	89,1%	0,9%	12,22W	+9%
	100W	105,26 W	95,0%		5,26W	
1%	99W	"	94,1%	0,9%	6,26W	+19%
1%	100W	106,32W	94,1%	0,9%	6,32W	+20%

**1% Messfehler
= 20% Unterschied in den Verlusten**

- Ziel: Verlustmessung, da Ursache der Erwärmung
- Eingangsleistung – Ausgangsleistung = Verluste
- = Große Werte messen, um kleinen Wert zu bestimmen.

Alternativ: **Kalorimetrische Messung** zur direkten Verlustmessung

Nachteil: Zu aufwändig



Vier Werte erfassen und Verluste und Wirkungsgrad errechnen.

- Geht nur dort, wo stabile Gleichspannung vorhanden ist, z.B. am Ausgang.
- Bei **AC-Eingang** wird die **Scheinleistung** gemessen, für die Verluste ist aber die **Wirkleistung** korrekt = **NoGo!**
- **Hochgenaue** Messgeräte erforderlich.
- Strommessung in der Regel zu ungenau, mit sehr genauem, externem **Shunt von 0,01%** möglich.
- Bei Schwankungen von Eingang oder Last ungenau wegen fehlender Synchronisierung der Messungen.

Eine Messeinheit wird durch Multiplexen mehrfach verwendet.

- Manche **Messfehler kürzen sich** dadurch heraus.
- **Hochgenaue** 6,5-stellige Messeinheit, z.B. Agilent 34970: 0,004% vom Messwert, 0,0007% vom Endwert (1V-Bereich).
- **Präziser Shunt** nötig.
- **Nur für DC-Messungen** geeignet:
DC-Ausgang oder
bei DC/DC-Wandlern).



- Bei AC-Eingang grundsätzlich korrekt: **Momentanwerte** von **Strom und Spannung multiplizieren**, dann **Mittelwert** bilden = Definition von Leistung.
- Übliche Wattmeter **oft zu ungenau**, nur Präzisionsgeräte tauglich.
- Immer noch rechnerische Verlustbestimmung nötig, **keine Synchronisierung** zwischen Eingangs- und Ausgangsleistung.
- Schwankende Werte schwer zu interpretieren.

Messgeräte: Poweranalyser

- Beste Lösung aber **teuer**
- **Direkte Anzeige:** Verluste, Wirkungsgrad
- **Präzisionsinstrumente** verfügbar, z.B. Yokogawa WT3000: 0,02% v. Messwert)
- Synchrone Messung von Eingang und Ausgang
- Auch für Messungen am **3-Phasennetz**
- **Automatische** Messreihen möglich

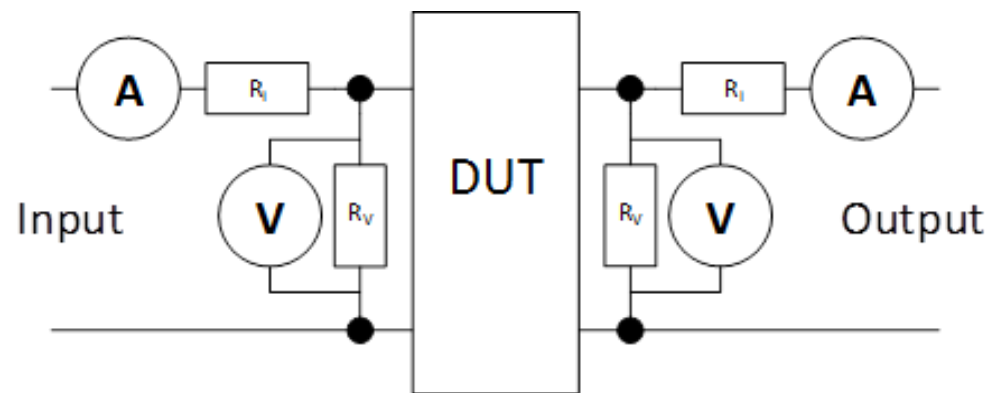
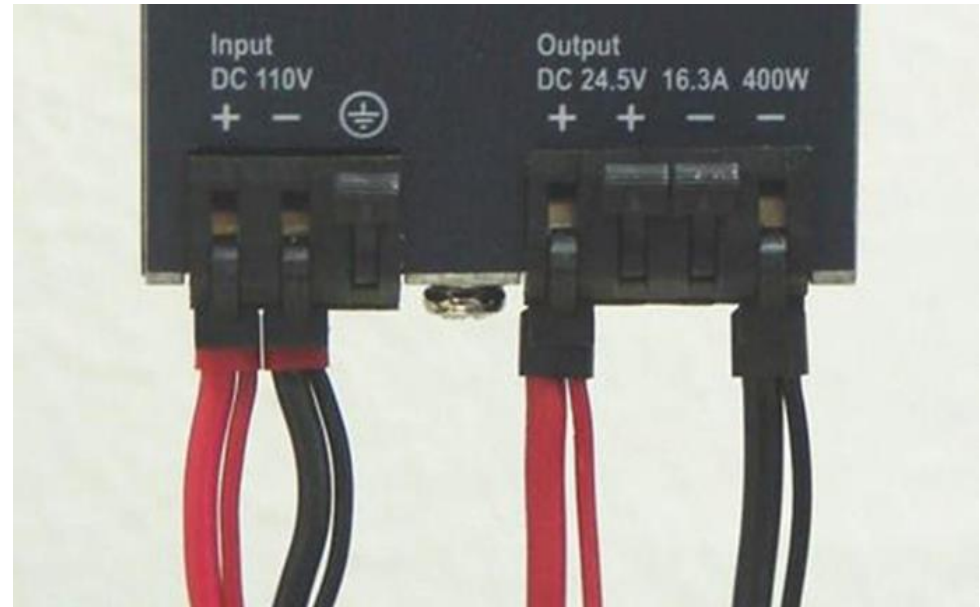


Alle Verluste, die nicht vom Prüfling kommen, dürfen nicht mitgemessen werden!

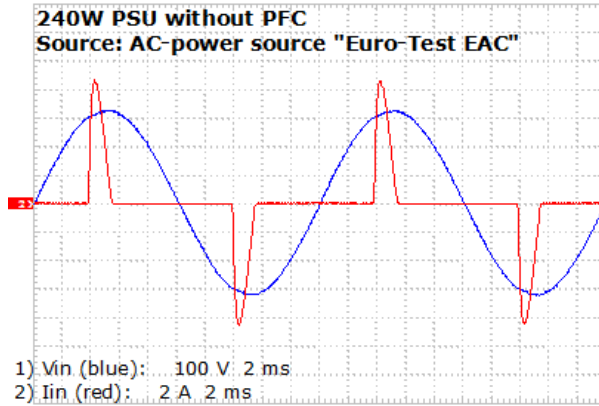
- Verluste auf **Zuleitungen**, richtige Spannungsmessung
- **Stromshunt**
- Zusatz-EMV-**Drosseln**

Geräteeigene **Klemmenwiderstände** gehören zum Prüfling.

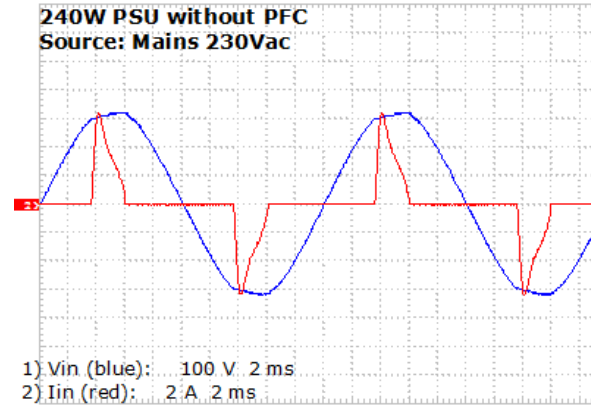
DO NOT! Laborkabel ineinander stecken



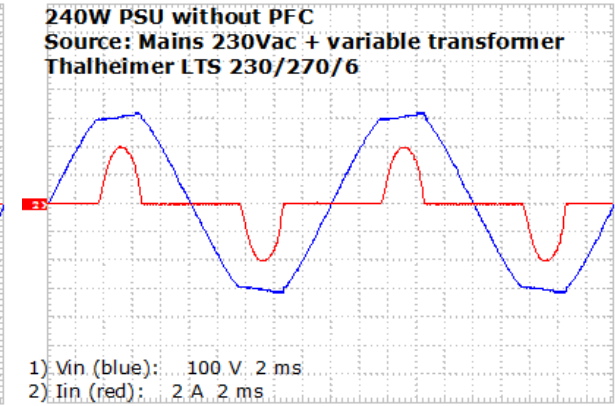
AC-Quelle



Netz direkt



Trennstelltrafo



Wirkungs-
grad

91,2%

91,5%

91,6%

Leistungs-
faktor

0,50

0,59

0,68

Eingangs-
strom

2,3A

1,9A

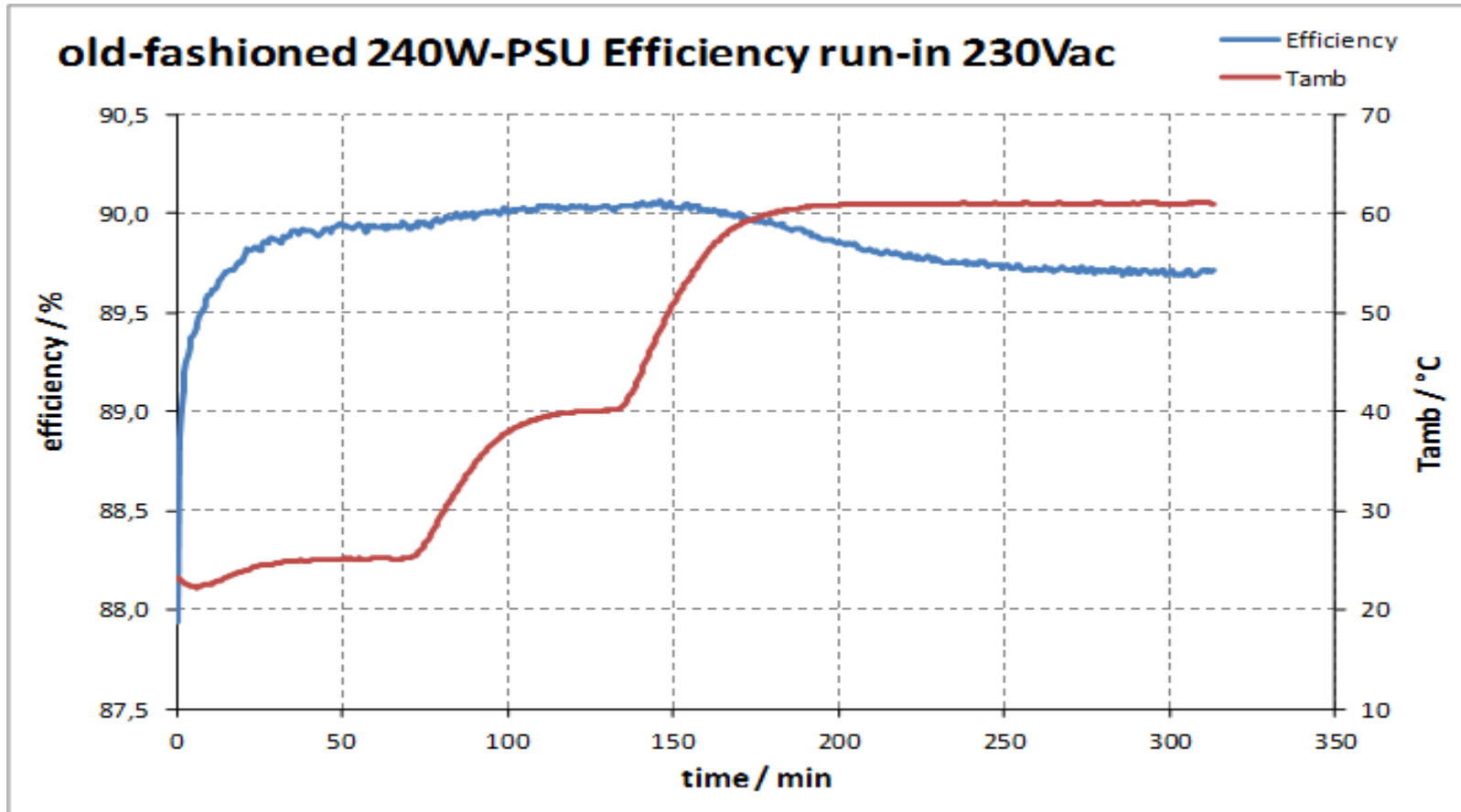
1,7A

1. **Keine EMV-Störungen** vom Prüfling

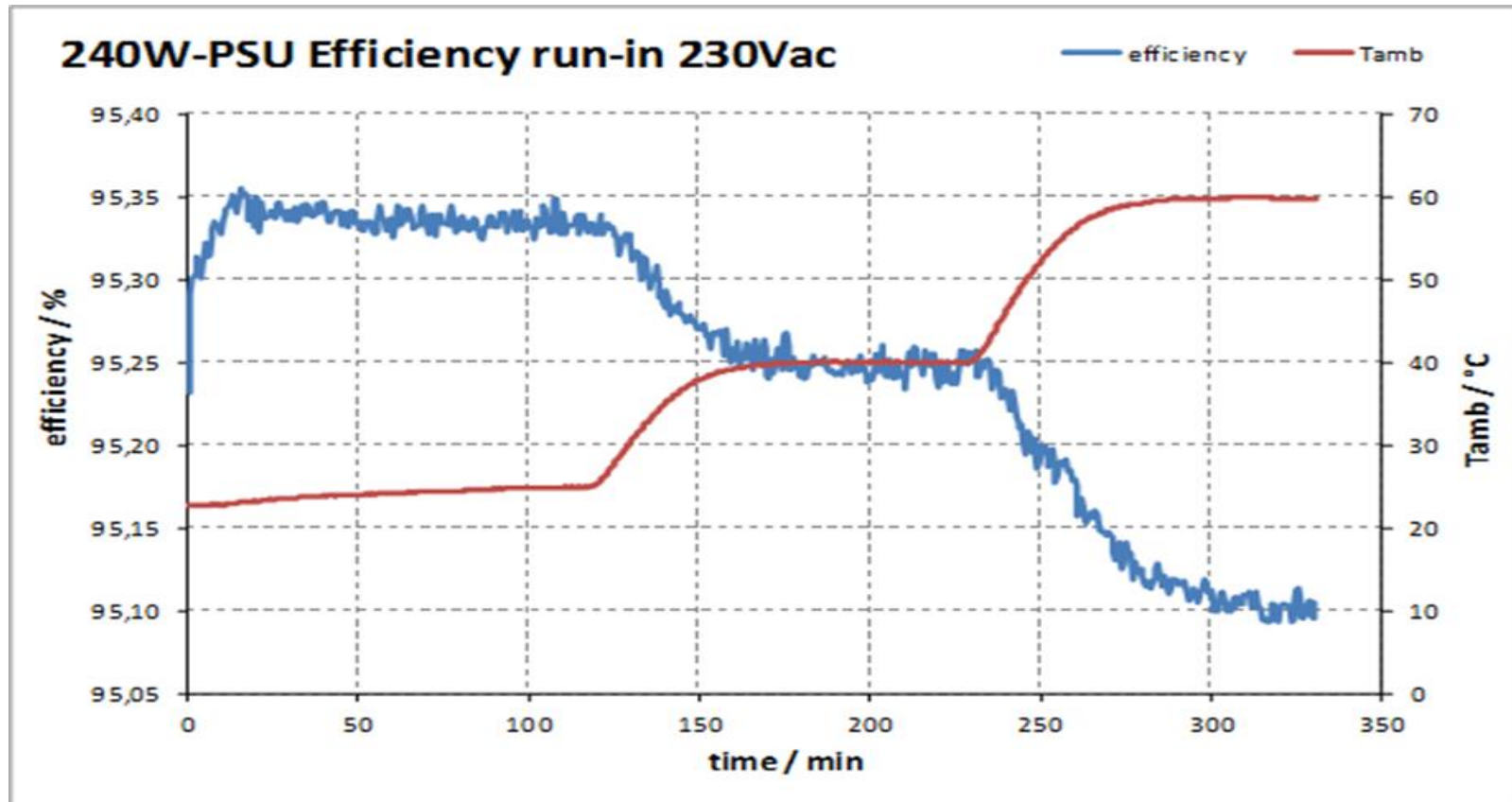
- Hochfrequent überlagerte Ströme und Spannungen überfordern die Messgeräte.
- Bei Prototypen externe Zusatzfilter vorsehen.
- Verluste der Zusatzfilter nicht mitmessen.
- EMV-Störungen können auch zu schwankenden Lasten führen.

2. Bevorzugt **I-Lasten** nehmen, da der Strom stabil bleibt.

3. **Elektronische AC-Quellen** ergeben reproduzierbare Verhältnisse.

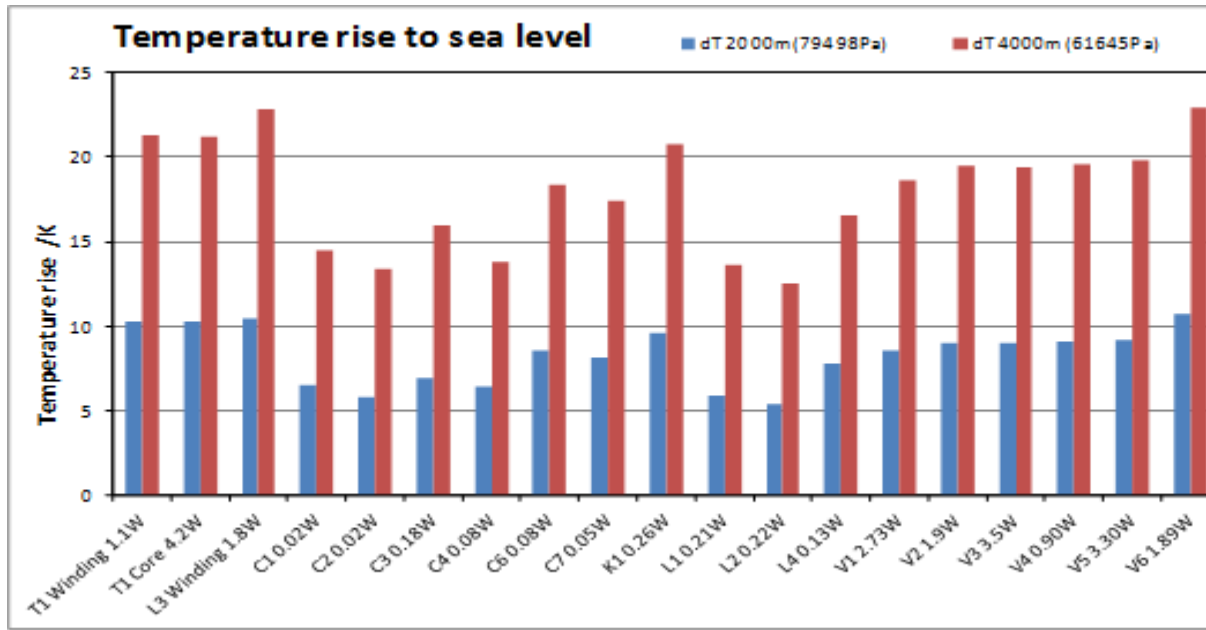


- **1%** Anstieg des Wirkungsgrades nach dem Einschalten
- Einschalt-NTCs werden warm und haben weniger Verluste
- Bauteiltemperatur: Eigenerwärmung (Zeit) + Umgebungstemperatur



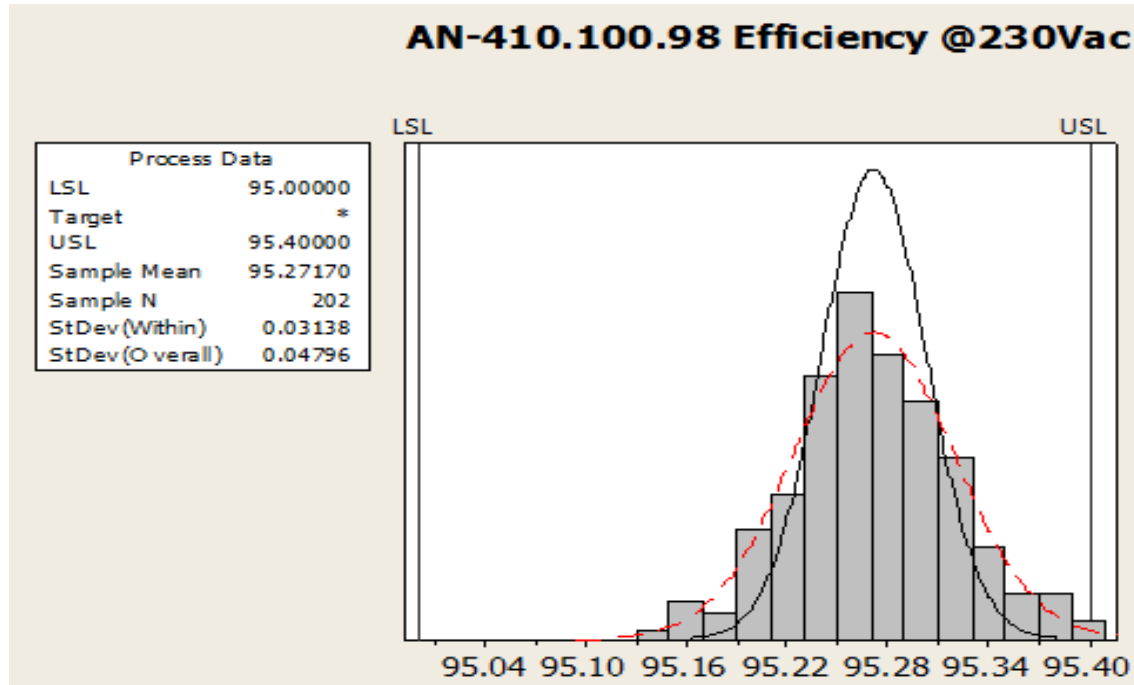
- **0,23%** Änderung des Wirkungsgrades mit Temperatur
- Aktive Einschaltstrombegrenzung statt NTCs

- **Höhe** über Normalnull



- **Betriebslage** wegen Eigenerwärmung
- **Testreihenfolge** wegen Eigenerwärmung
- Feuchte hat praktisch keinen Einfluss

Exemplarstreuungen – Messungen in der Produktion PULS



Mean 95,27% Range +/- 0,15%

Min. 95,13% Max. 95,43%

Losgröße 202 Stück

1. Hochgenaue **Messgeräte**, möglichst Wattmeter oder noch besser Poweranalyser verwenden.
2. Auf richtige **Verkabelung**, spannungsrichtiges Messen achten.
3. Für AC möglichst eine elektronische **AC-Quelle** verwenden.
4. **EMV-Störungen** vom Prüfling ausgehend vermeiden.
5. **Temperatur-** und Zeiteinflüsse beachten.

Literatur:

[1] *Schönenberger, H.; Grigore, V.; Stiedl, A.:* Accurate Efficiency Measurements, White Paper. European Power Supply Manufacturers Association, (EPSMA) 2015.

[2] *Müller, Lukas, PULS GmbH:* Kleiner Unterschied – große Wirkung, Elektronik Sonderausgabe Power II-2015 vom 27.10.2015.