

Schaltnetzteile für PC

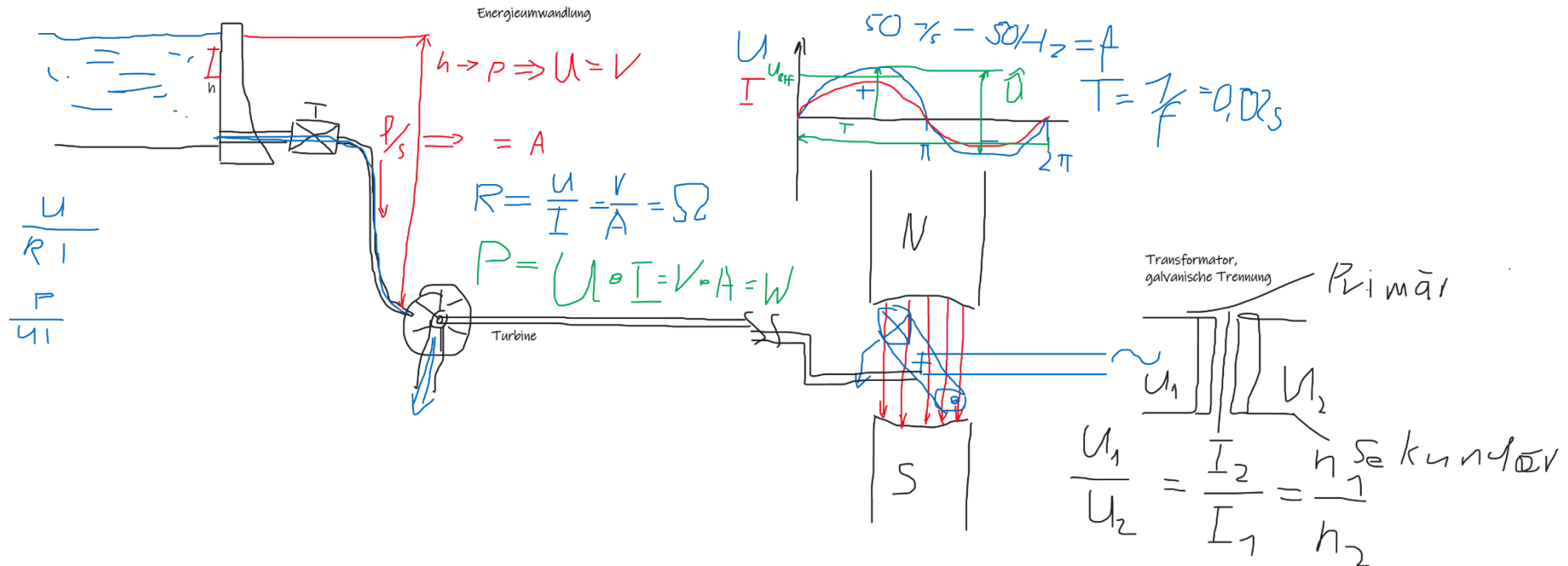
Wie erhält der PC seine
Betriebsspannungen?

Dr. Reiner Kupferschmidt

Gliederung

- Netzteil – Begriff und Wirkungsweise
- Analognetzteil
 - Aufbau
 - Wirkungsweise
 - Vor- und Nachteile
- Schalt(Digital)netzteil
 - Aufbau
 - Wirkungsweise
 - Vor- und Nachteile
- Begriffe

Einige Grundlagen



Netzteil

Begriff und Wirkungsweise

- Netzspannung 230/115 Volt~, 50/60 Hz, max. 10/20 Ampere
- PC benötigt 12 Volt-, 5 Volt-, 3,3 Volt-
- PC benötigt hohe Ströme ca. 20 Ampere und mehr
- Umwandlung der Wechselspannung in niedrigere Gleichspannung mit hoher Amperezahl
- Bereitstellung mehrerer Ausgangsspannungen
- Stabilisierung der Ausgangsspannungen

230 V
50 Hz
Max 16 A



???

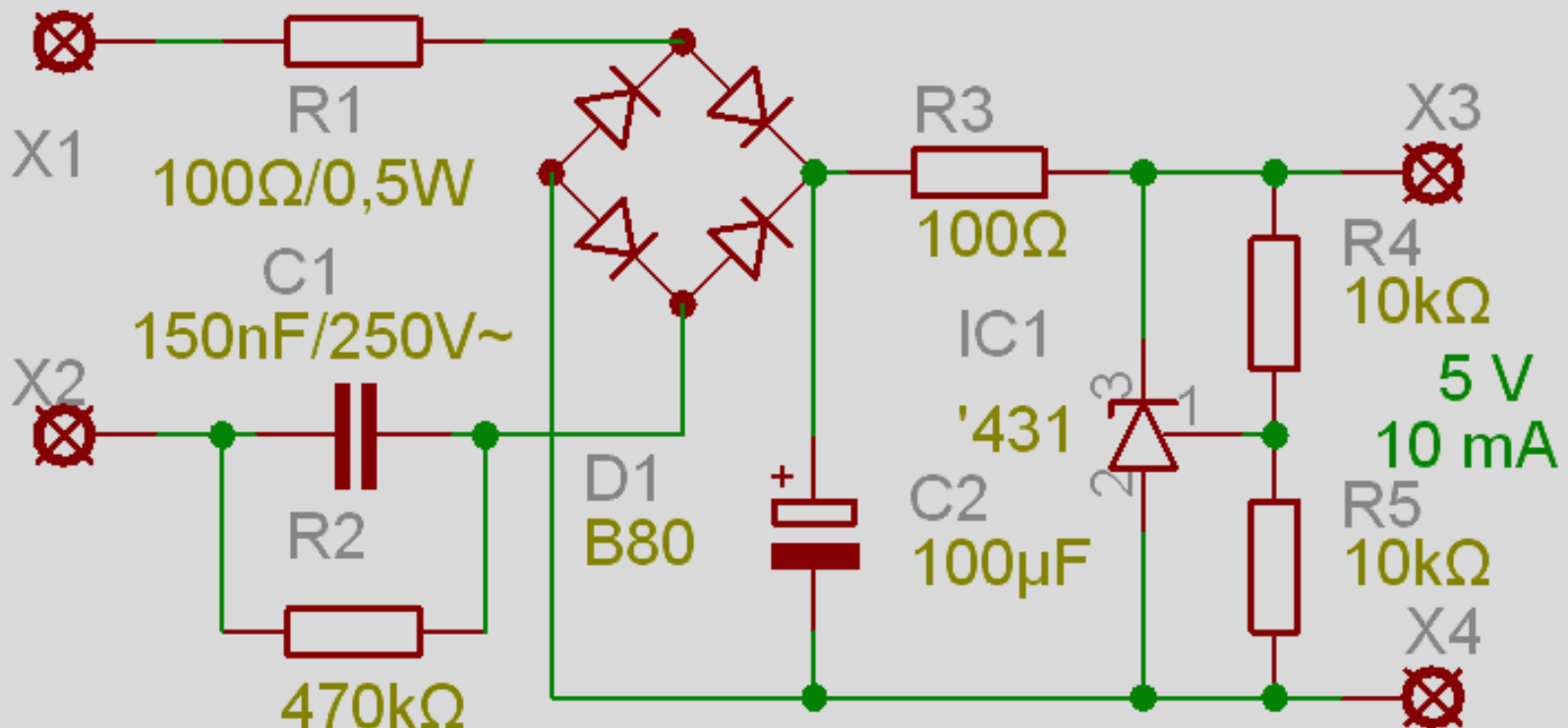


12 V, 40 A
5 V, 60 A
3,3 V, 20A

Analognetzteil 01

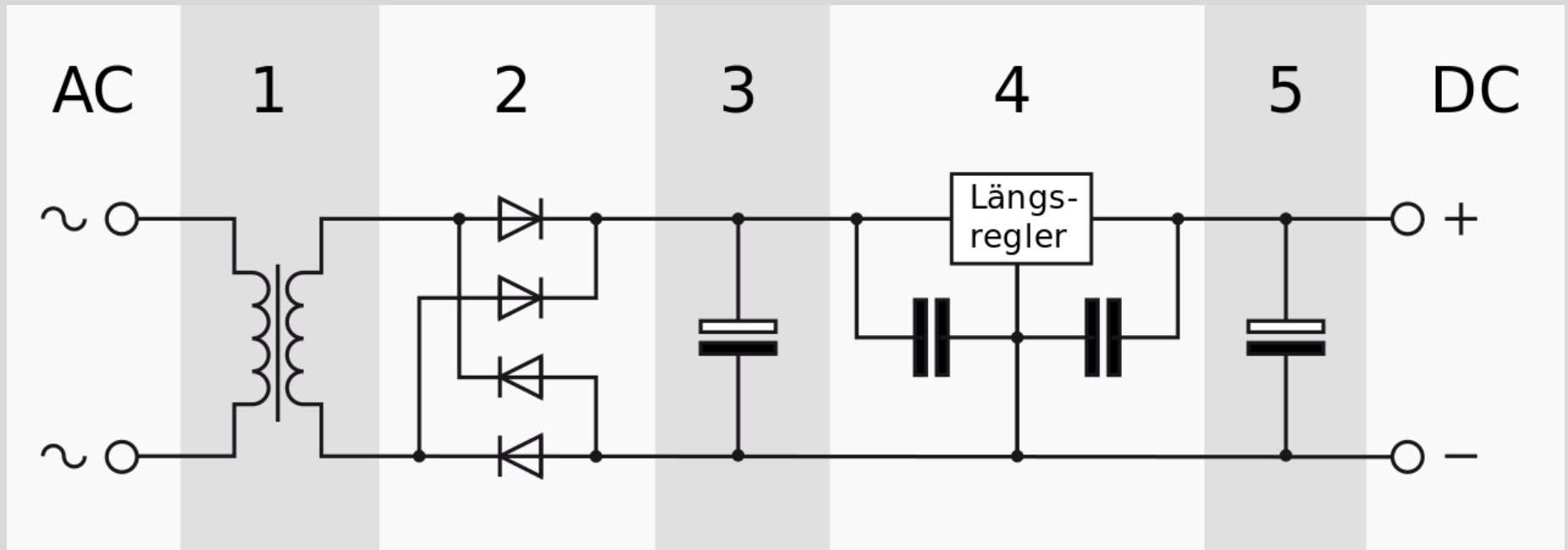
Kondensator-Netzteil (☺)

!!! KEINE galvanische Trennung!!!



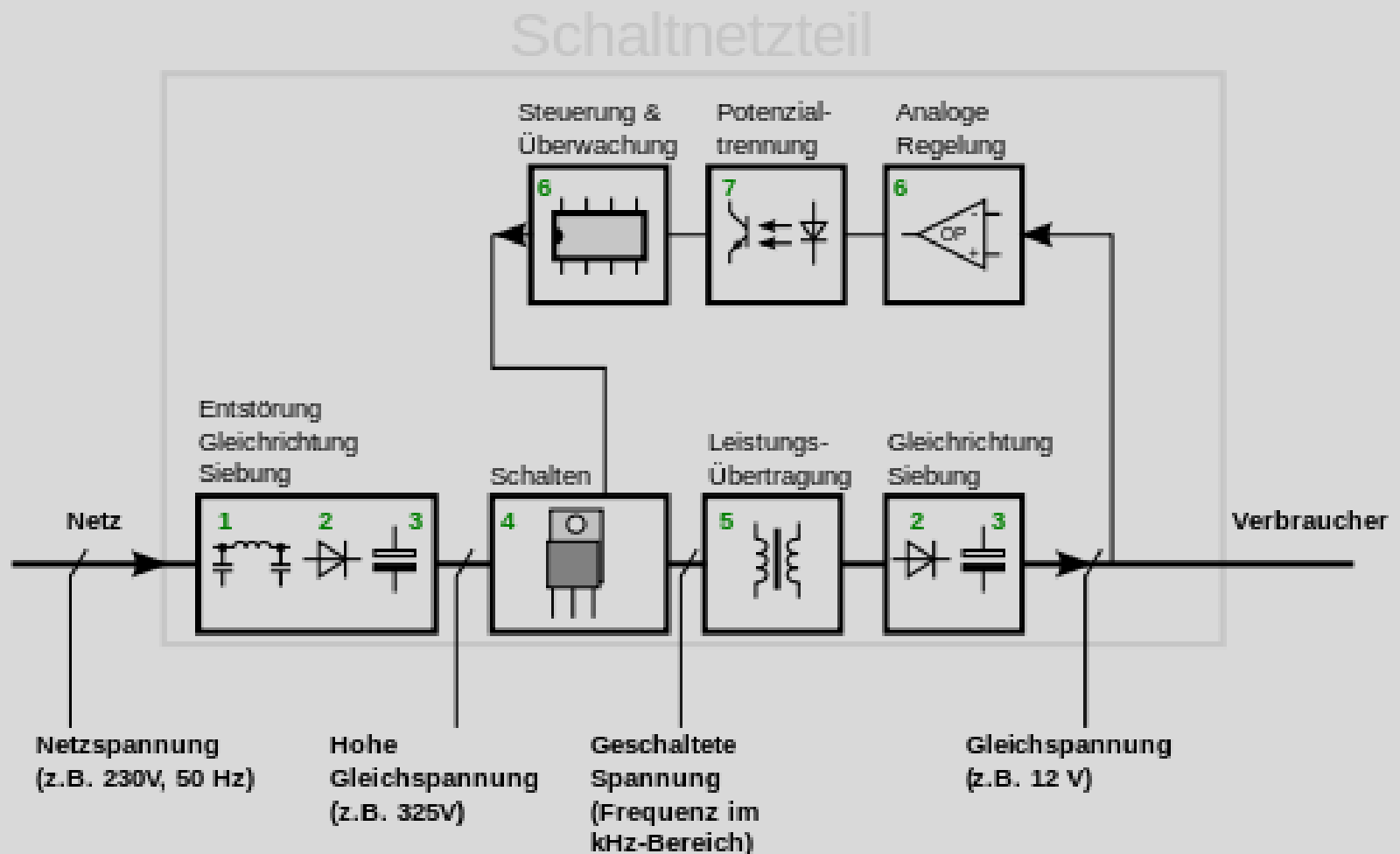
- https://de.wikipedia.org/wiki/Kondensatornetzteil#/media/File:Capacitive_Power_Supply.png

Analognetzteil 02 galvanisch getrennt



- <https://de.wikipedia.org/wiki/Netzteil#/media/File:Prinzip-Netzteil.svg>

Digital-(Schalt-)Netzteil (PC)



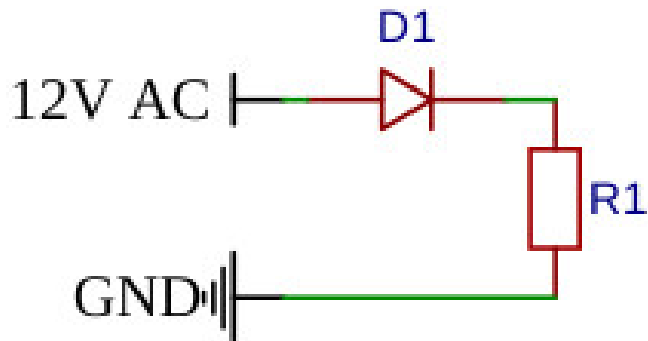
Komponenten (Baugruppen/Elemente)

- Spule, Induktivität
- Kondensator, Kapazität
- Diode, Gleichrichter
- Transistor, Schalter
- Übertrager (Transformator)
- DC-Wandler
- Analoge Regelung (OPV mit Vergleichsspannungsquelle)
- Galvanische Trennung, Potentialtrennung (Optokoppler)
- Steuerung/Überwachung, Pulsweitenmodulation

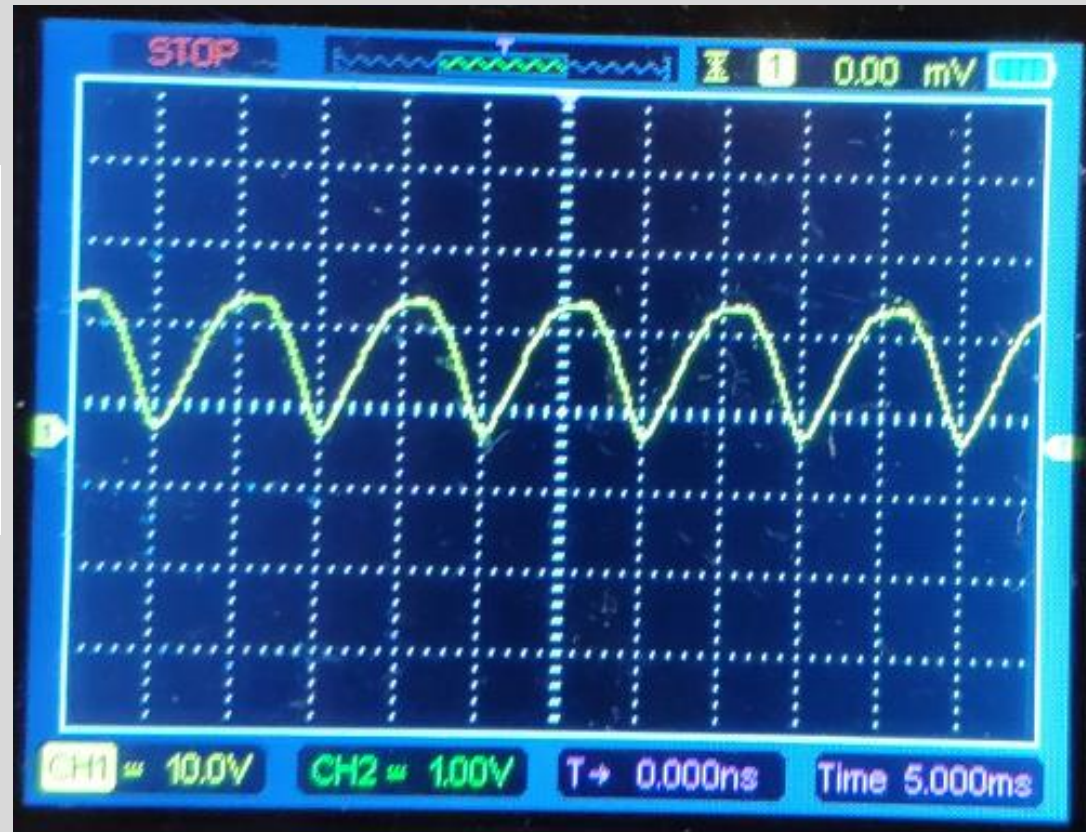
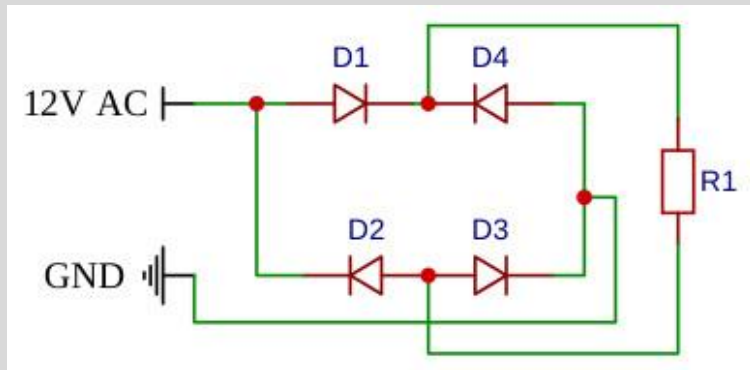
Wechselspannung - Gleichrichter



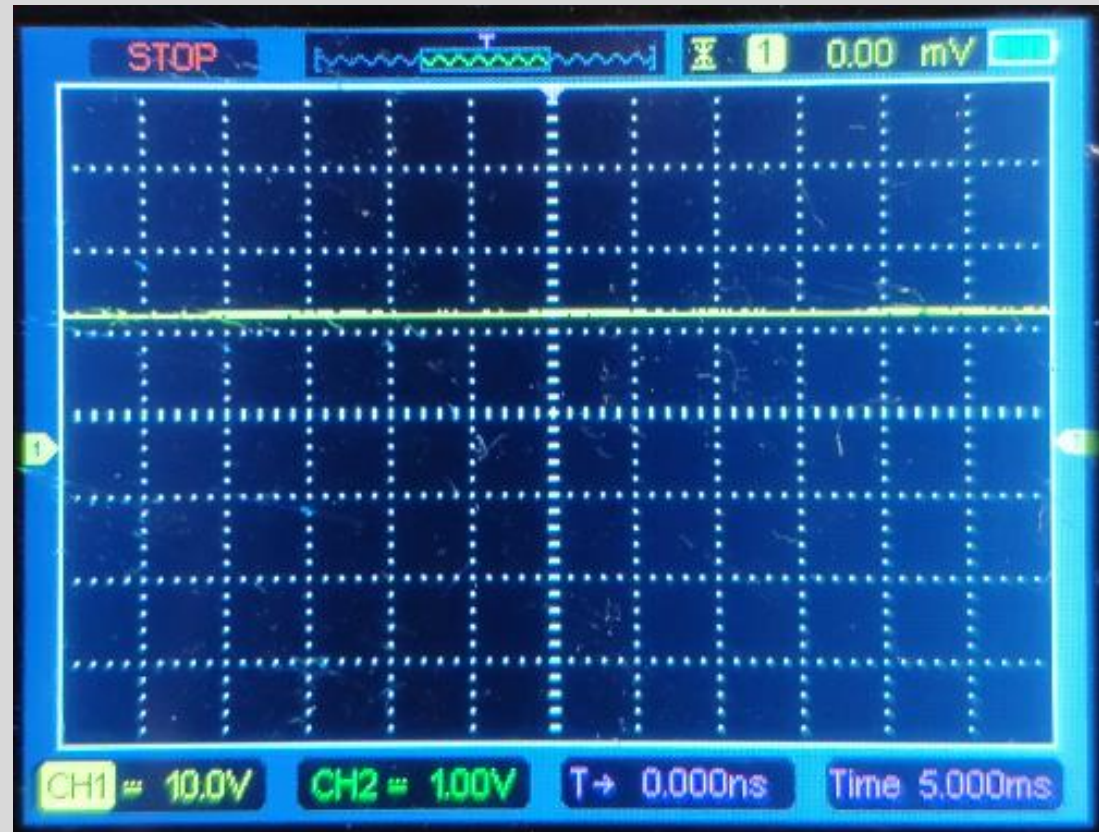
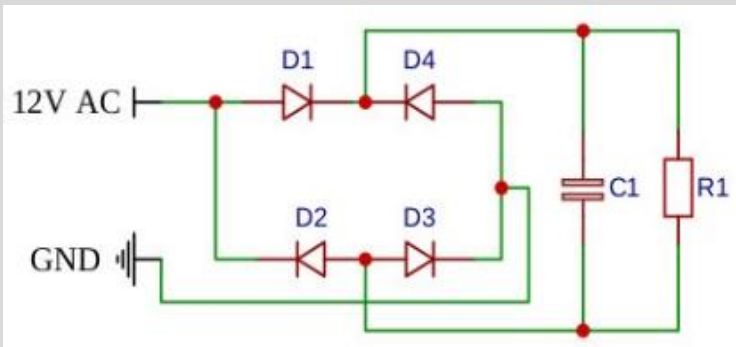
Gleichrichter - Einweg



Gleichrichter - Brücke

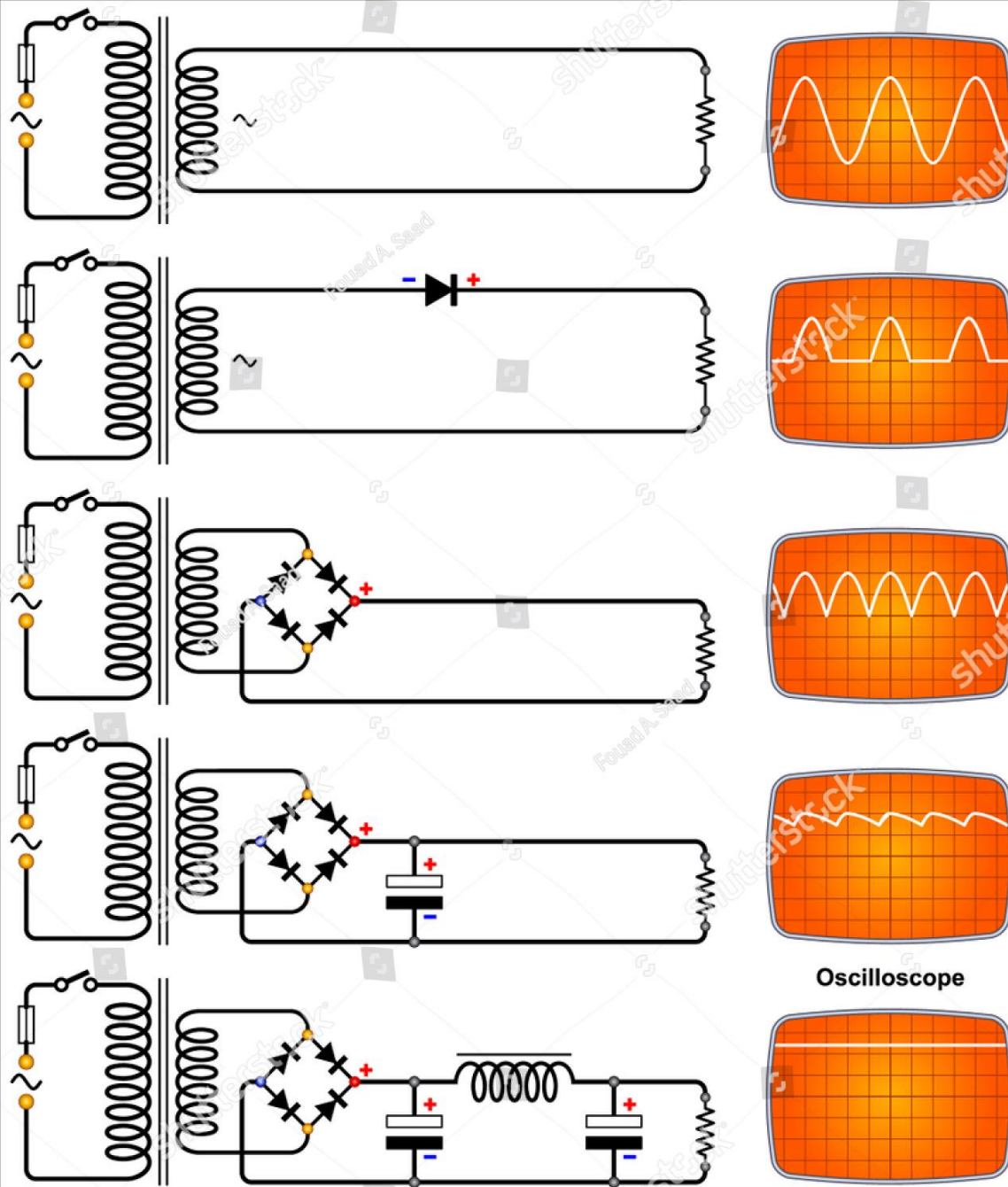


Gleichrichter – Brücke + Kondensator



Gleichrichter – Brücke + Kondensator - Fehler

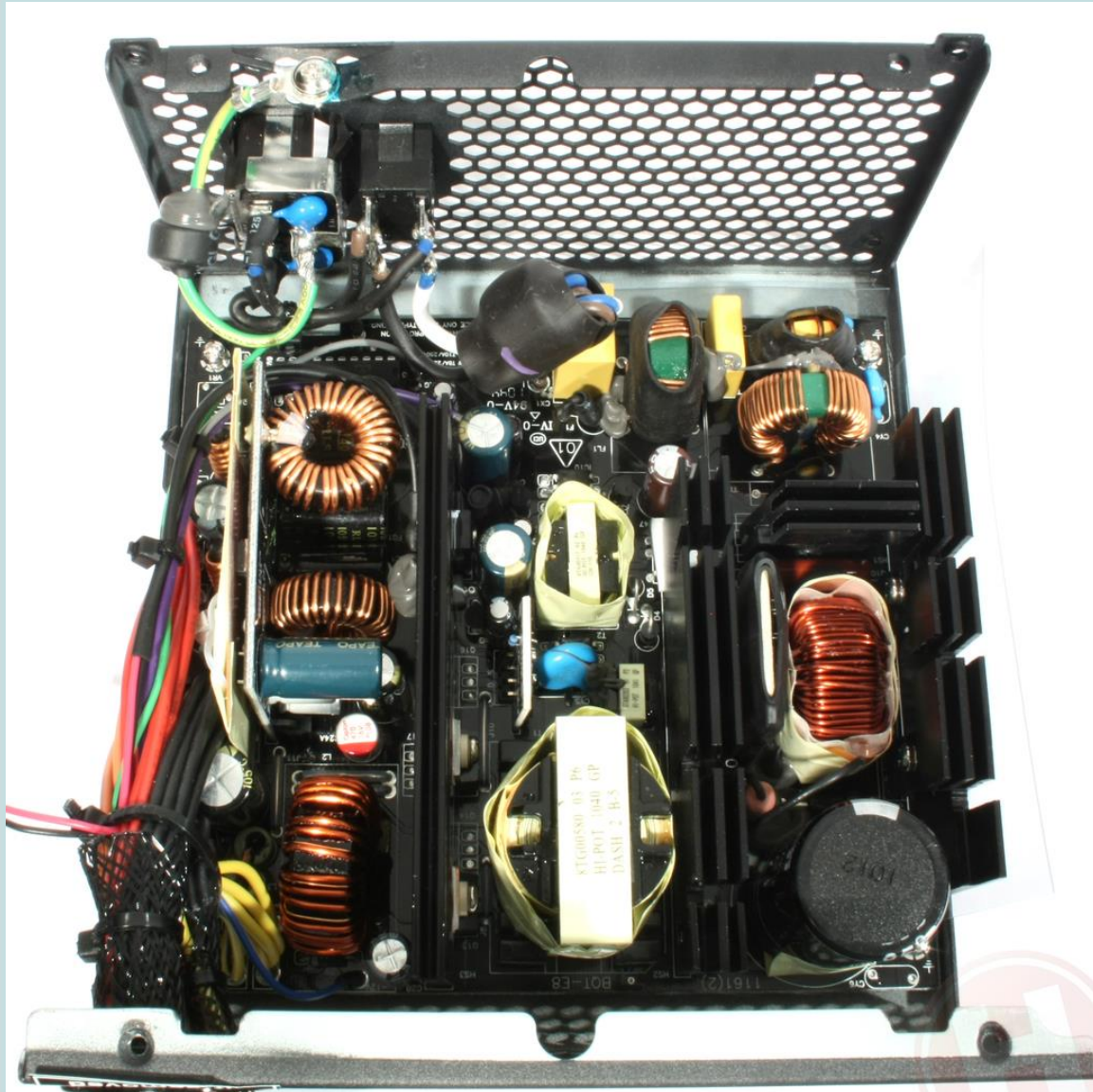




Oscilloscope

Das PC-Netzteil

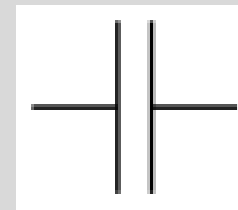
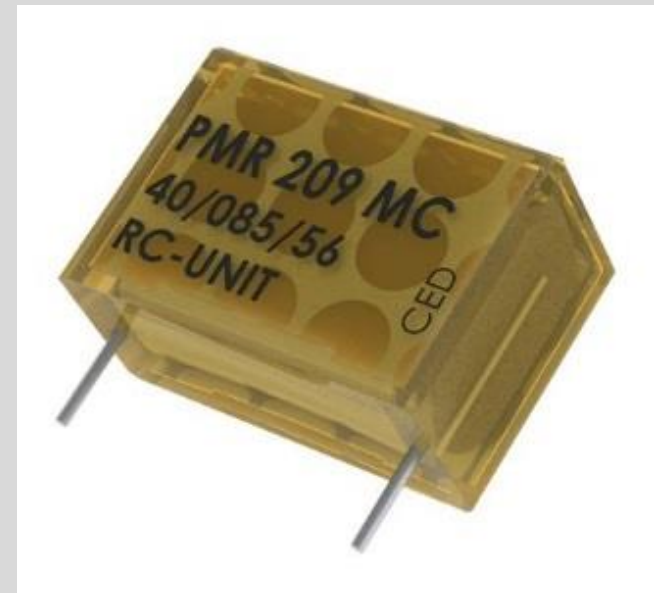
http://content.hwigroup.net/images/products/xl/109124/3/be_quiet_straight_power_e8_400w.jpg



Komponenten

Kondensator

- Besteht aus 2 isoliert voneinander aufgewickelten Folien
- Speichert Elektronen (Kapazität)
- nF-Bereich
- Nicht polaritätsabhängig
- Beeinflusst die Kurvenform von Strom und Spannung
- Bestandteil von Filterschaltungen



Komponenten

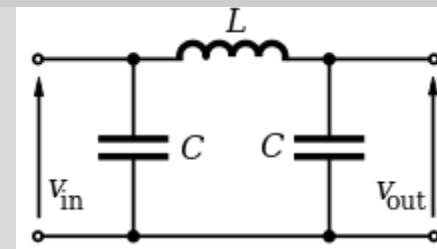
Spule

- Besteht aus einem gewickelten Kupferdraht
- Mit/ohne Kern (Eisen oder Ferit)
- Induktivität – Bestandteil v. Filtern
- Beeinflusst die Kurvenform von Strom und Spannung
- Zur Unterdrückung von Störimpulsen
- Strom durchfließt die Spule → Selbstinduktion
- Hochfrequente Wechselströme werden minimiert



Komponenten Filter

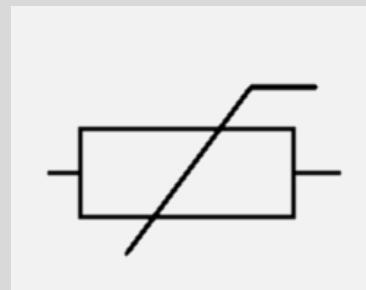
- Bereinigt die Kurvenform
- Verhindert Oberwellen, Spannungsspitzen und -Einbrüche



Komponenten

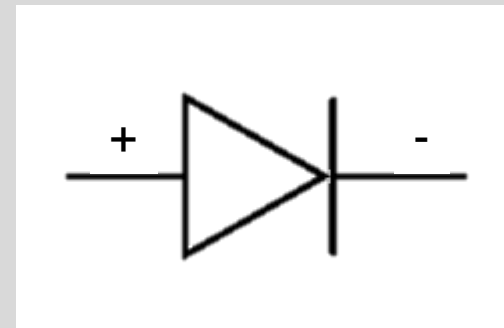
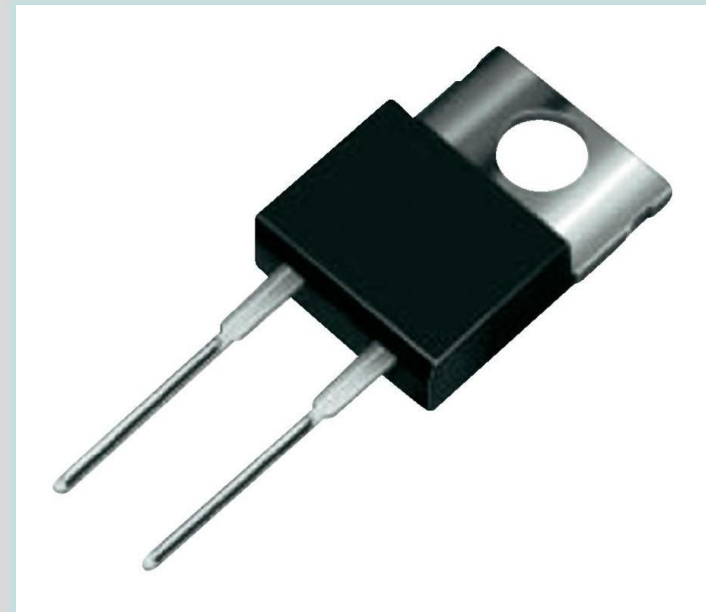
Varistoren

- Schützen vor Überspannungen
 - verändern ihren Widerstandswert in Abhängigkeit der anliegenden Spannung
- VDR = Voltage Dependent Resistor



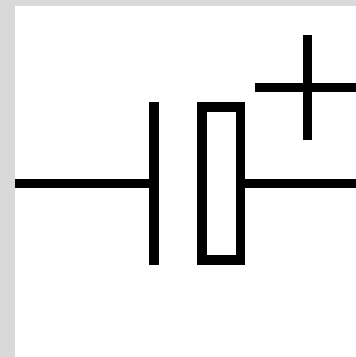
Komponenten Gleichrichter

- Meist Dioden, Halbleiterbauelement
- Als Einweg-, Zweiweg oder Brückengleichrichter
- Schotky-Dioden für hochfrequente Spannungen u. starke Ströme
- Lässt Strom in nur einer bestimmten Richtung durch
- Eignen sich auch für Begrenzung der Ausgangsspannung



Komponenten Glättung

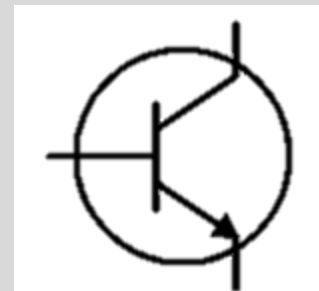
- Elektrolytkondensator
- Dielektrikum ist Oxidschicht
- Hohe Kapazitäten
- Verringerung der Welligkeit des pulsierenden Gleichstroms
- Polaritätsabhängig



Komponenten

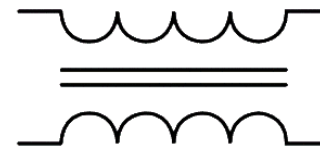
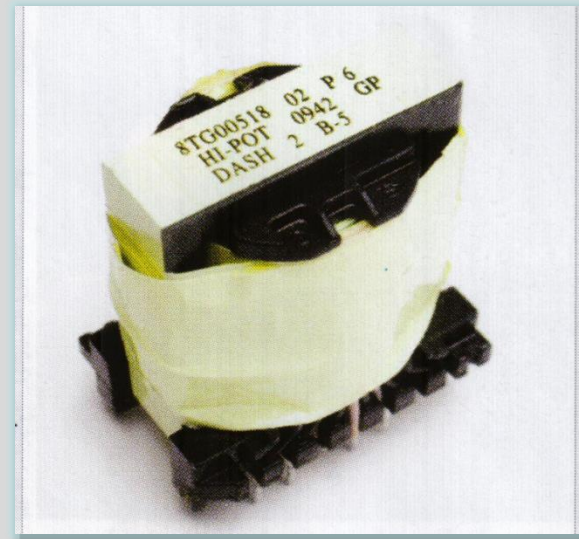
Schalttransistor

- Erhält Steuersignal von Mikrokontroller
- Schaltet durch oder sperrt über Basisanschluss
- Schaltet (Zerhackt) die Gleichspannung in eine Rechteckspannung



Komponenten Übertrager

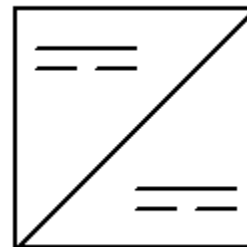
- Besteht aus mindestens zwei Spulen und einem Ferrit-Kern
- Primärspule: höhere Wechselspannung, kleiner Strom
- Sekundärspule: niedrigere Wechselspannung, hoher Strom
- Spulen sind galvanisch getrennt
- <https://www.electronicstutorials.ws/de/transformatoren/transformator-grundlagen.html>
- Transformator 1000 VA:
 - 150 x 176 x 153, 14 kg (2 kg Cu)
 - Ca 130 €
 - Ohne Elektronik



$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{N_1}{N_2} = \frac{I_2}{I_1}$$

Komponenten DC-Wandler

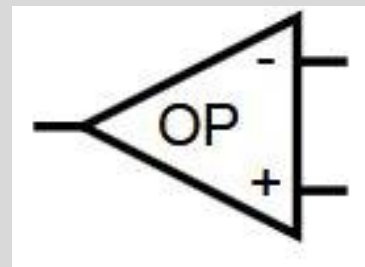
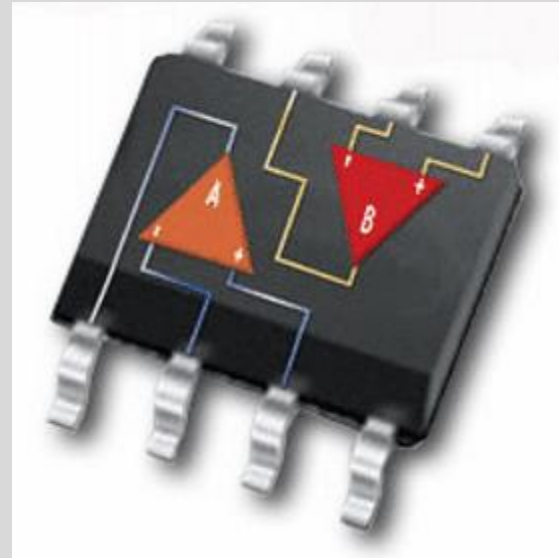
- Wandeln 12 V in andere benötigte Spannungen um
- Reduziert die Spannung von 12 V auf 5 V und 3,3 V
- Microcontroller, Spulen und Kondensatoren
- Erhöht die Effizienz auf über 90 %



Komponenten

Analoge Regelung

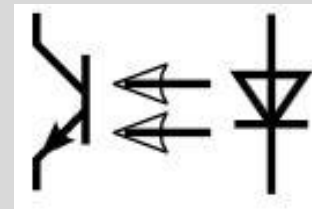
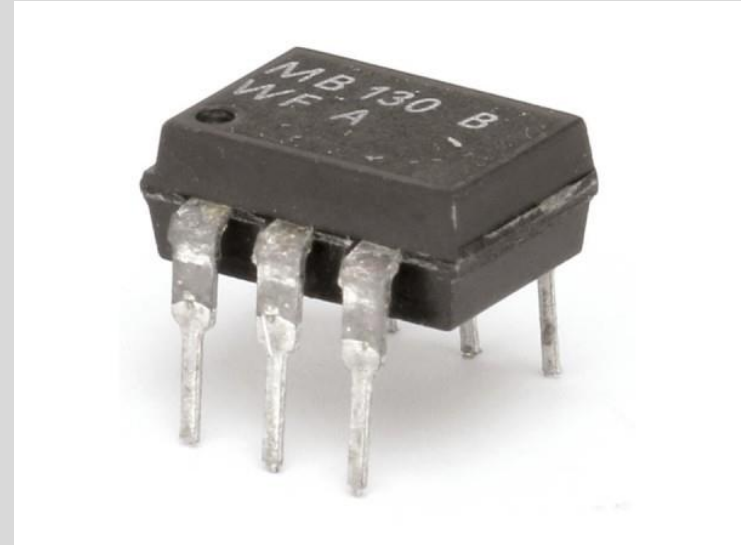
- (OPV) + Vergleichsspannungsquelle
- Ausgangsspannung wird mit Normspannungsquelle verglichen
- Abweichungen werden über Optokoppler an Mikrokontroller gegeben



Komponenten

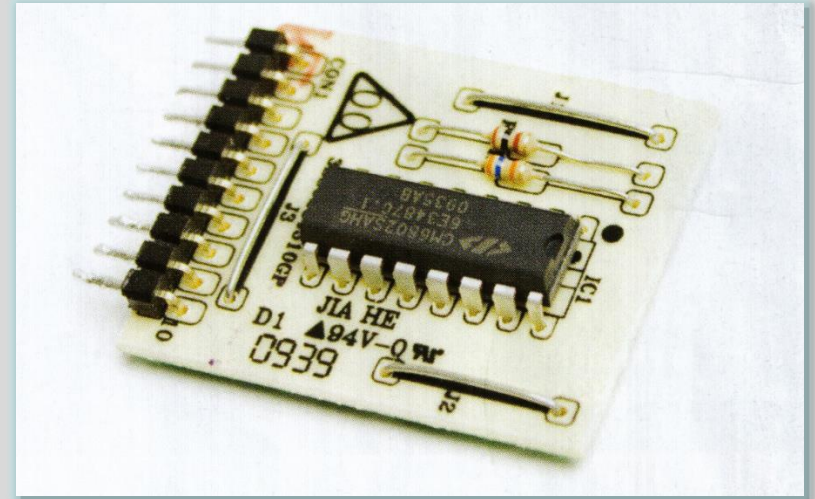
Galvanische Trennung

- Optokoppler
- Trennt die Niederspannungsseite von der Hochspannungsseite

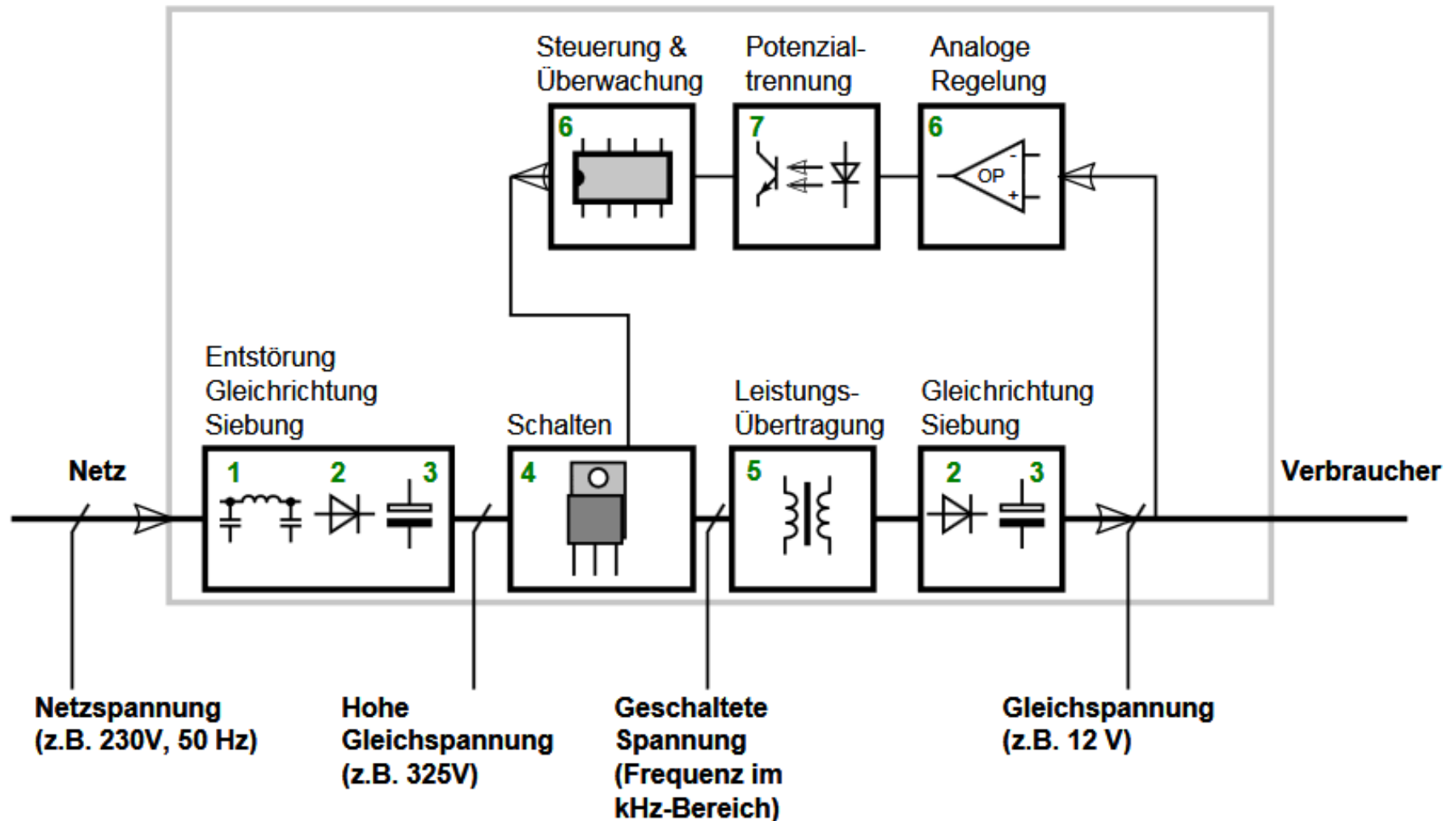


Komponenten Steuerung/Überwachung

- Steuert das Zerschneiden der Gleichspannung in hochfrequente Rechteckspannung (~4 kHz)
- Verantwortlich für Pulsweitenmodulation
- Regelung der Ausgangsspannung



Schaltnetzteil



Legende:

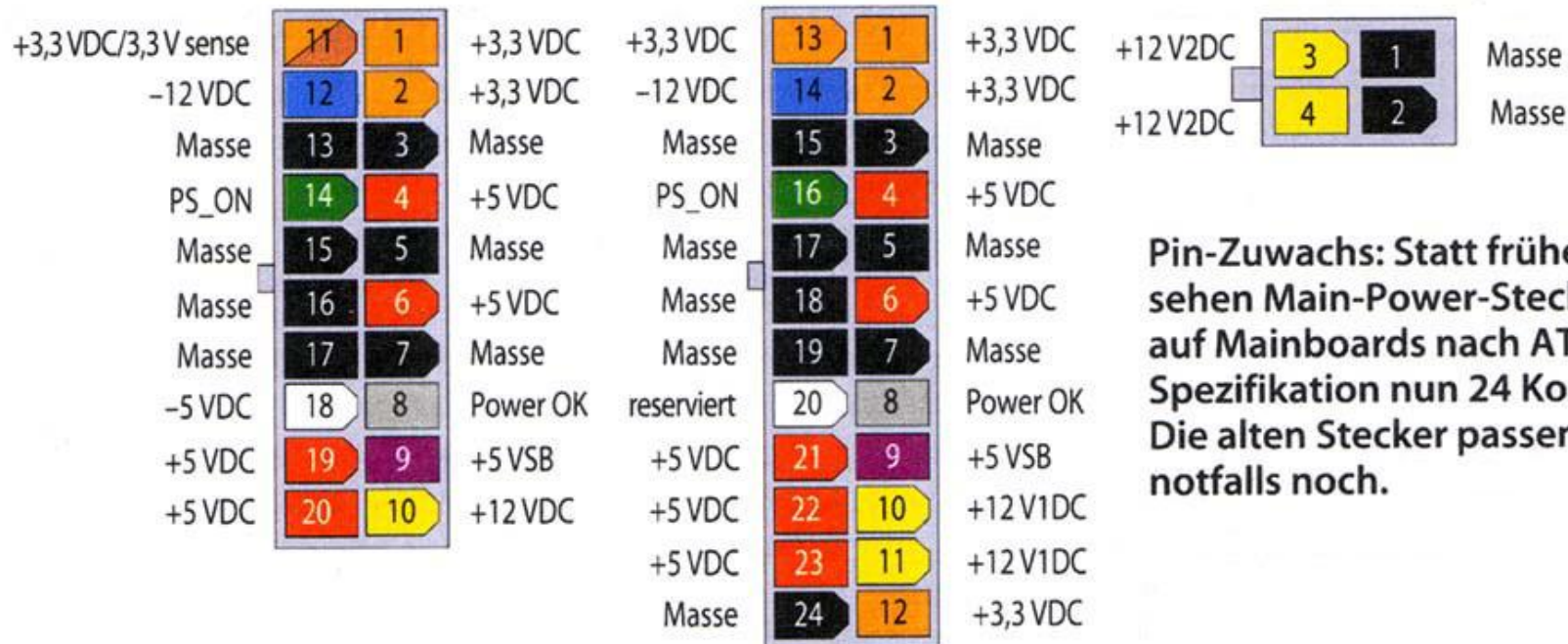
- 1 = Netzfilter (z.B. Drosselspule, X- und Y-Kondensatoren)
- 2 = Gleichrichter (z.B. Brückengleichrichter oder einzelne Dioden)
- 3 = Glättungskondensator
- 4 = Leistungstransistor (z.B. starker MOSFET)
- 5 = Übertrager ("Trafo")

- 6 = Steuerelektronik
- 7 = Optokoppler

Stecker und Verbindungen

- ATX-Stecker Motherboard
- ATX-Stecker Prozessor
- Molex-Stecker (klein/groß)
- SATA-Stecker
- PCIe-Stecker für Grafikkarte

ATX-Stecker



Pin-Zuwachs: Statt früher 20 Pole sehen Main-Power-Steckverbinder auf Mainboards nach ATX12V-2.0-Spezifikation nun 24 Kontakte vor. Die alten Stecker passen aber notfalls noch.

*Von der Kabelseite gesehen!

Pin		Signal	Kabelfarbe ^a	Funktion ^b
ATX 1.0 bis 2.1	ATX 2.2			
1	1	3,3 V	Orange	
2	2	3,3 V	Orange	
3	3	Masse	Schwarz	
4	4	5 V	Rot	
5	5	Masse	Schwarz	
6	6	5 V	Rot	
7	7	Masse	Schwarz	
8	8	PWR_OK	Grau	Power Ok
9	9	5 VSB	Violett	+5 V-Standby-Spannung
10	10	12 V	Gelb	
10	11	12 V	Gelb	
2	12	3,3 V	Orange	
11	13	3,3 V	Orange	
12	14	−12 V	Blau	
13	15	Masse	Schwarz	
14	16	PS ON	Grün	Power Supply On
15	17	Masse	Schwarz	
16	18	Masse	Schwarz	
17	19	Masse	Schwarz	
18	20	−5 V	Weiß	nur bei ATX-1.x
19	21	5 V	Rot	
20	22	5 V	Rot	
20 ^e	23	5 V	Rot	
17 ^e	24	Masse	Schwarz	

24-poliger Stecker

+ 3,3 VDC	10	1	+ 3,3 VDC
-12 VDC	14	2	+ 3,3 VDC
Masse	15	3	Masse
PS:_ON	16	4	+5 VDC
Masse	17	5	Masse
Masse	18	6	+5 VDC
Masse	19	7	Masse
-5 VDC	20	8	Power OK
+5 VDC	21	9	+5 VSB
+5 VDC	22	10	+12 V1DC
+5 VDC	23	11	+12 V1DC
Masse	24	12	+ 3,3 VDC

Hier Pin 16 und 17 überbrücken

20-poliger Stecker

+ 3,3 VDC/3,3 V sense	11	1	+ 3,3 VDC
-12 VDC	12	2	+ 3,3 VDC
Masse	13	3	Masse
PS:_ON	14	4	+5 VDC
Masse	15	5	Masse
Masse	16	6	+5 VDC
Masse	17	7	Masse
-5 VDC	18	8	Power OK
+5 VDC	19	9	+5 VSB
+5 VDC	20	10	+12 VDC

Hier Pin 14 und 15 überbrücken

ATX-Netzteil

20-polig

+3,3V	1	10
+3,3V	2	12
GND	3	13
+5V	4	16
GND	5	15
+5V	6	18
GND	7	17
PWR_OK	8	19
+5VSB	9	18
+12V	10	20

24-polig

+3,3V	1	13	+3,3V
-12V	2	14	-12V
GND	3	15	GND
PS_ON	4	16	PS_ON
GND	5	17	GND
GND	6	18	GND
GND	7	19	GND
+5V	8	20	+5V
+5VSB	9	21	+5V
+5V	10	22	+5V
+12V	11	23	+5V
+3,3V	12	24	GND

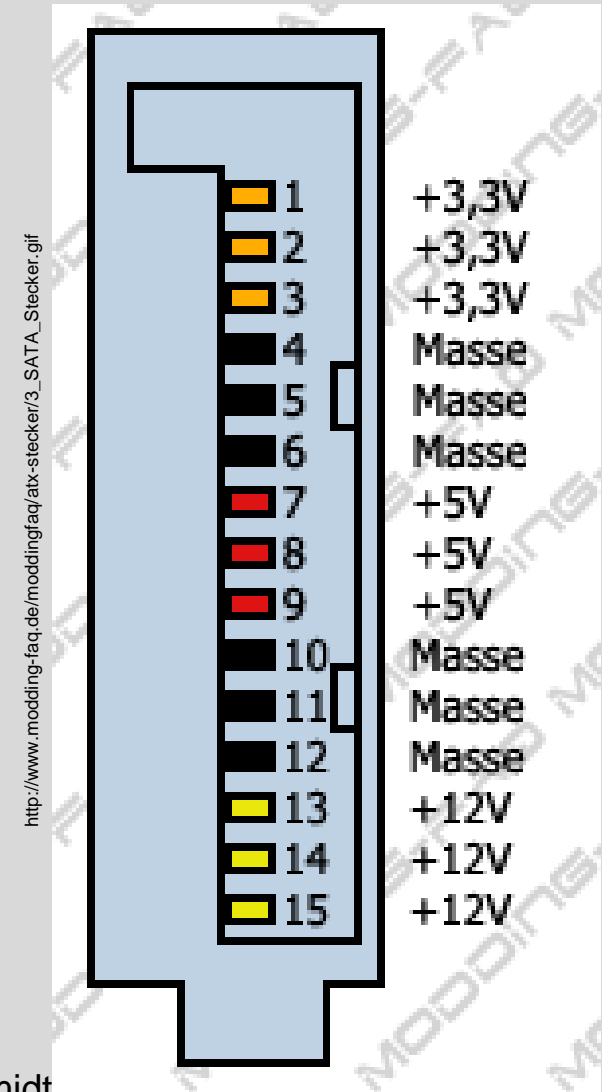
Molex-Stecker

- Zur Spannungsversorgung von Laufwerken
 - HDD, CD/DVD/BR
 - und Zusatzkarten
(nachgerüstete Schnittstellen)
- Gelb - 12 V
 - Rot – 5 V
 - Schwarz – 0



SATA-Stecker

- Neue Verbindung für die Stromversorgung der Laufwerke
- HDD/opt LW/SSD
- Kompatibel zu anderen Formfaktoren (3,5"/2,5")



PCIe-Stecker

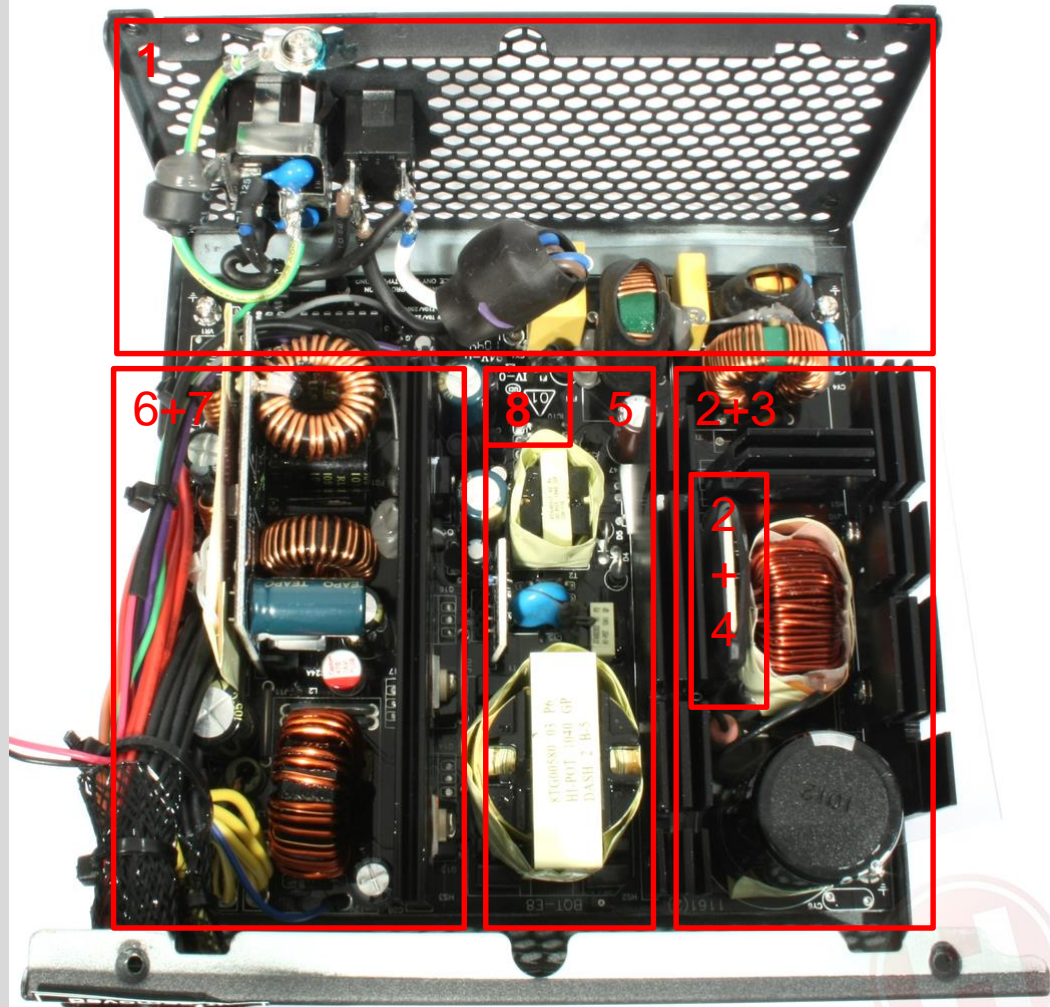
- Spannungsversorgung stromhungriger Grafikkarten
- 6-pol. – 150 W
- 8-pol. – 225 W
- 2 x 8 pol. – 300 W



Das Netzteil/innen

- 1 - EMI
- 2+3 - PFC+AC/DC
- 2+4 - PFC+PWM
- 5 - AC/AC
- 6+7 - AC/DC+Siebung
- 8 - Feedback

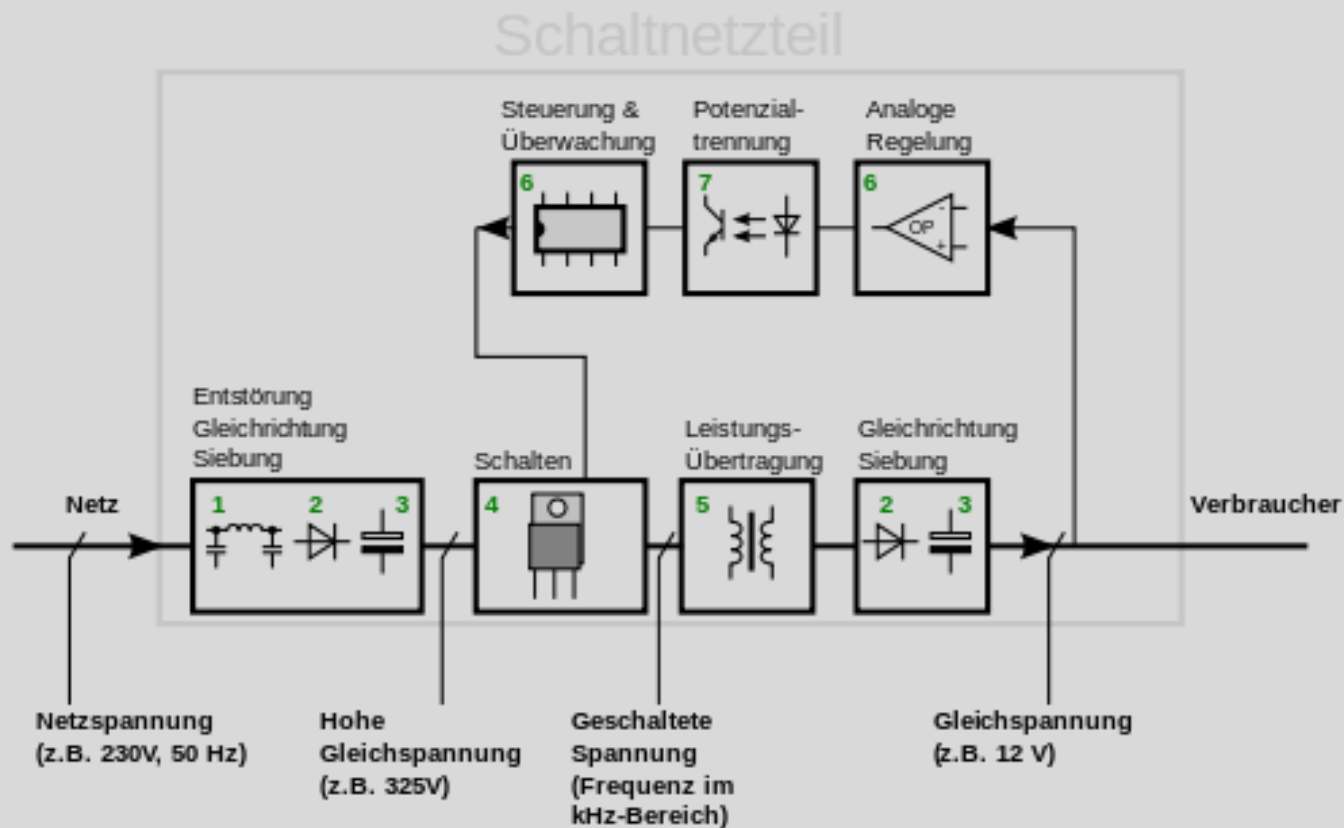
http://content.hwigroup.net/images/products/xl/109124/3/be_quiet_straight_power_e8_400w.jpg



Abkürzungen - Bedeutung

- EMI:
 - Electro Magnetical Interference
 - Filter gegen Störungen
- PFC
- +AC/DC
- 2+4 - PFC+PWM
- 5 - AC/AC
- 6+7 - AC/DC+Siebung
- 8 - Feedback

Blockschaltbild



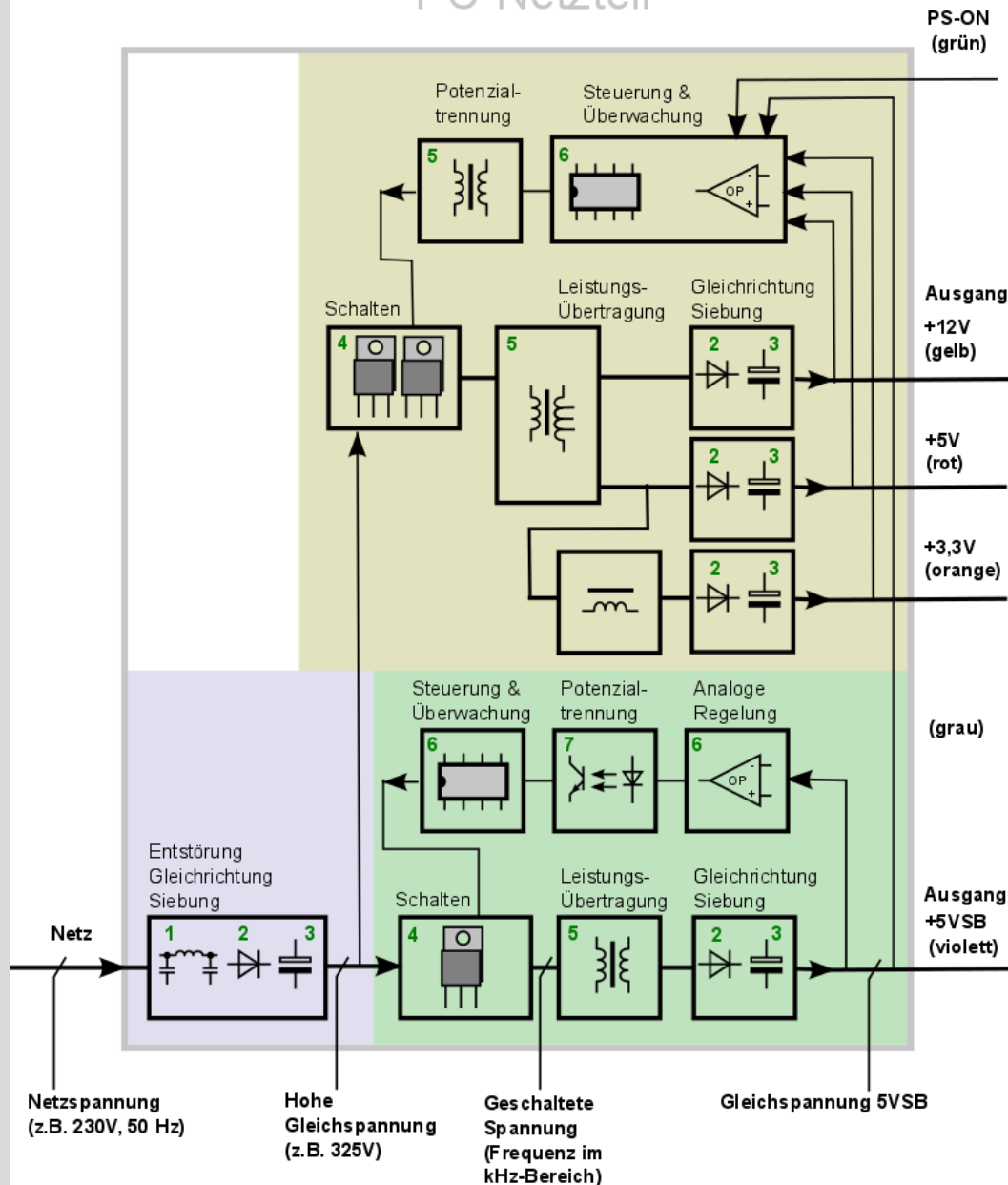
Legende:

- 1 = Netzfilter (z.B. Drosselspule, X- und Y-Kondensatoren)
- 2 = Gleichrichter (z.B. Brückengleichrichter oder einzelne Dioden)
- 3 = Glättungskondensator
- 4 = Leistungstransistor (z.B. starker MOSFET)
- 5 = Übertrager ("Trafo")

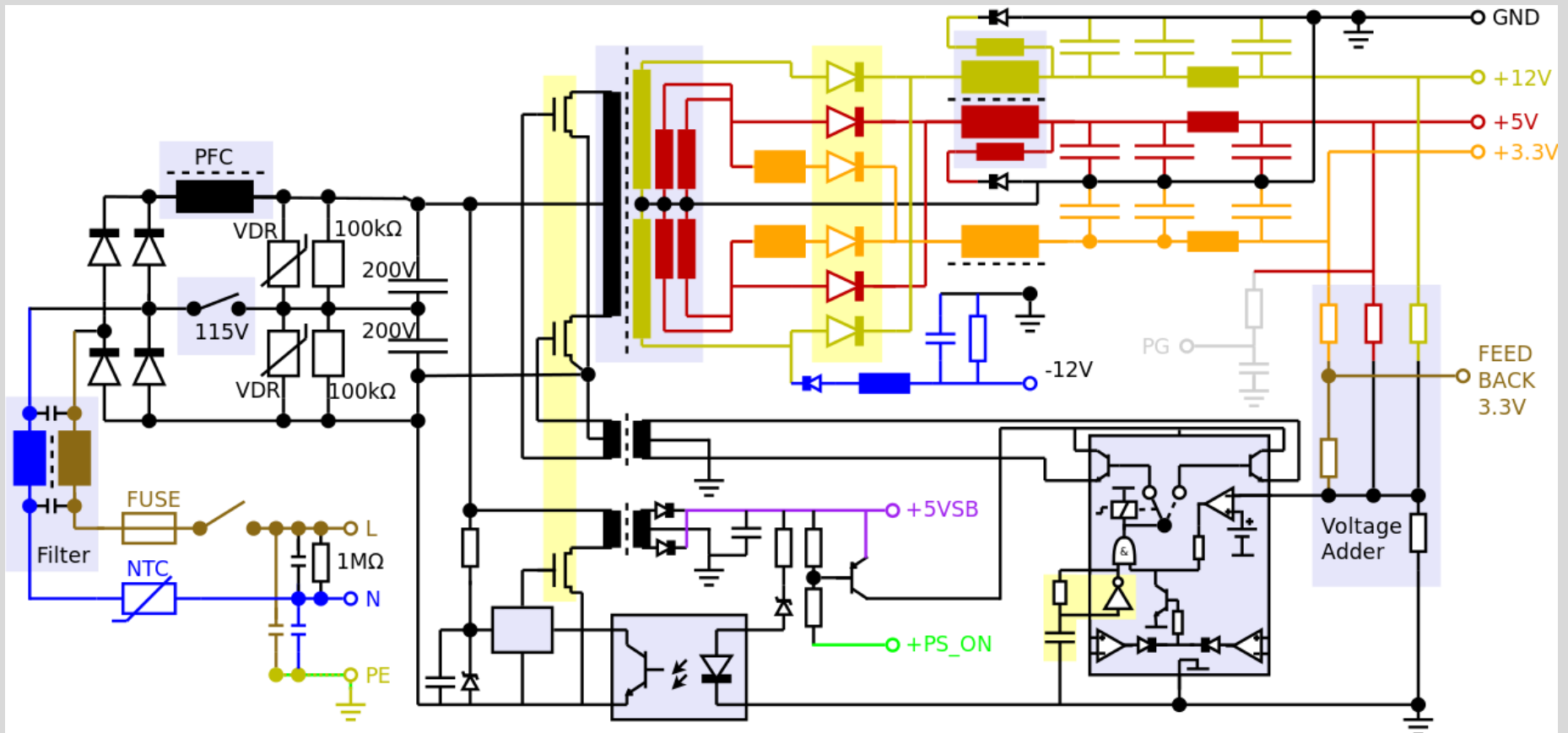
- 6 = Steuerelektronik
- 7 = Optokoppler

Arbeitsweise

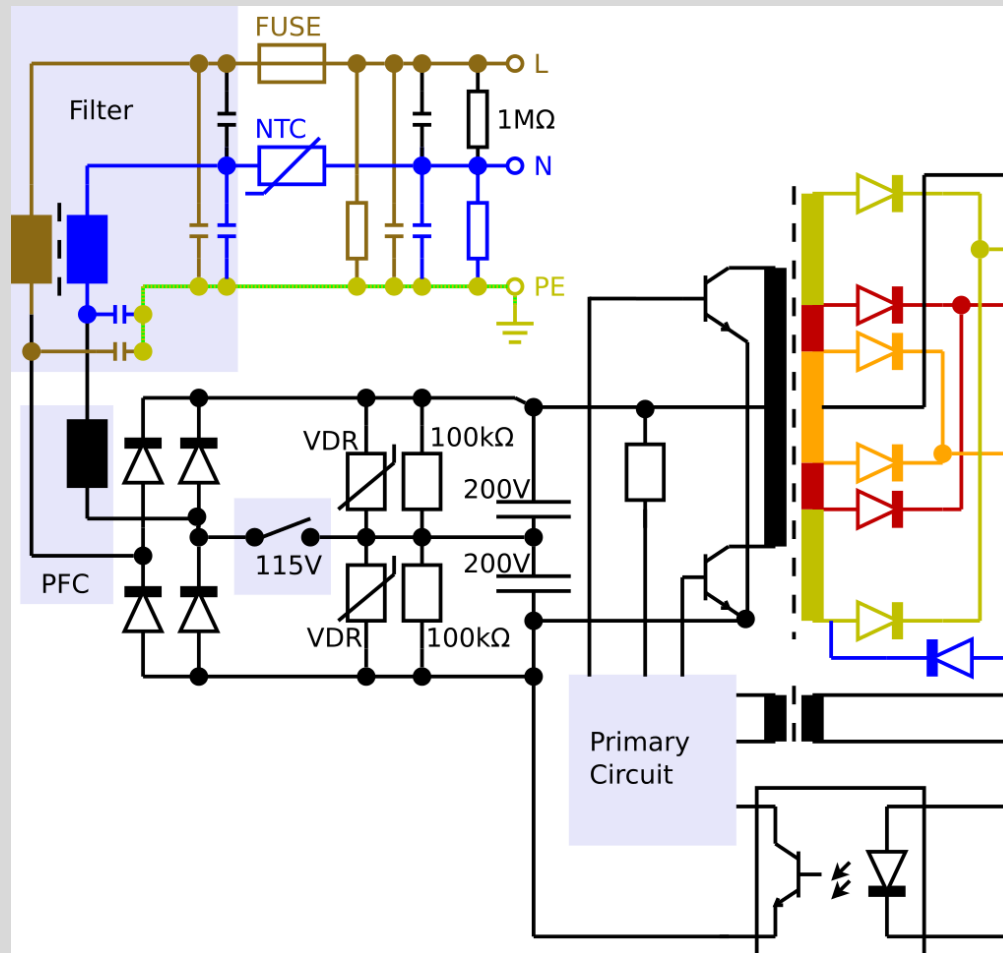
- EMI – Elektromagnetische Interferenz - sorgt für Störimmunität gegenüber dem Versorgungsnetz
- PFC – Power Factor Correction – ($\cos \varphi$)
Blindleistungskompensation
- AC/DC – Gleichrichtung der gesiebten Netzspannung
- PWM – Erzeugung einer hochfrequenten Rechteckspannung, Modulation der Pulsweite zur Belastungsausgleich
- AC/AC – Transformation der Spannung in einen geringeren Spannungsbereich durch Hochleistungsübertrager
- AC/DC – Gleichrichtung der Spannung
- Glättung der Gleichspannung durch z. B. Kondensatoren
- Überwachung und Regelung der Spannung



Gesamtschaltung

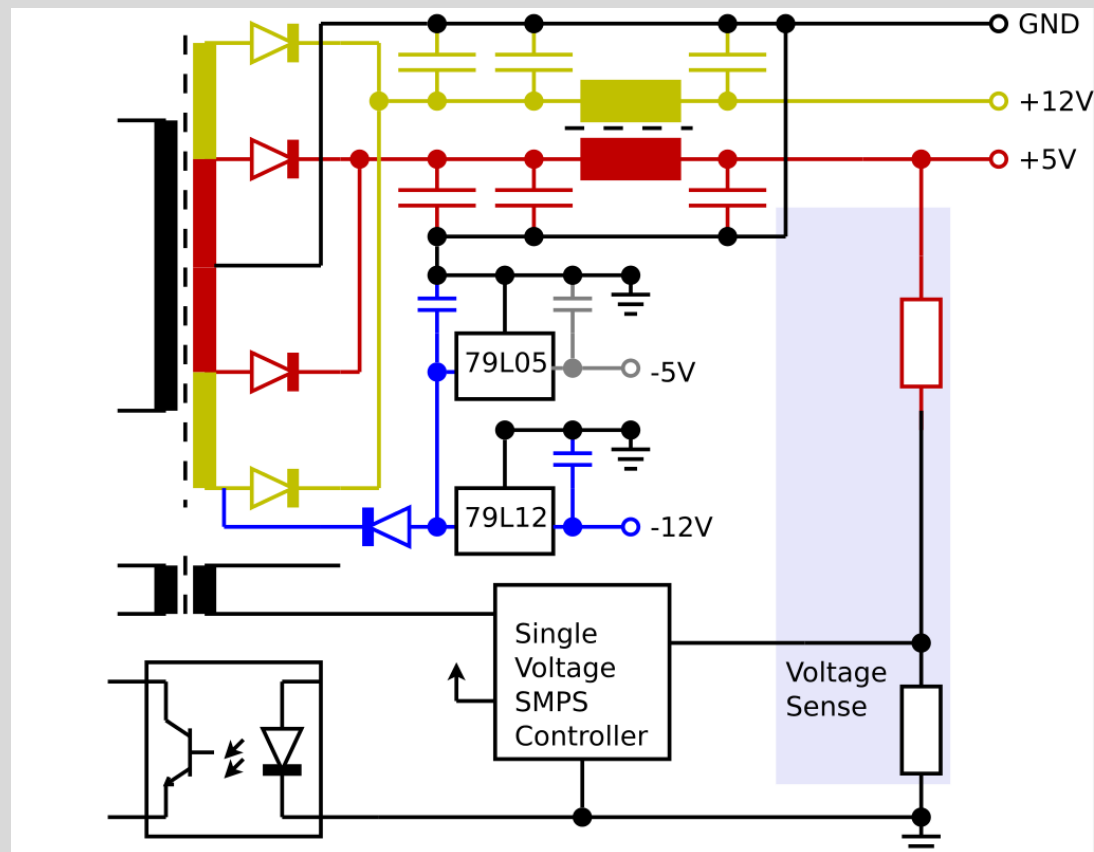


AC-Eingang



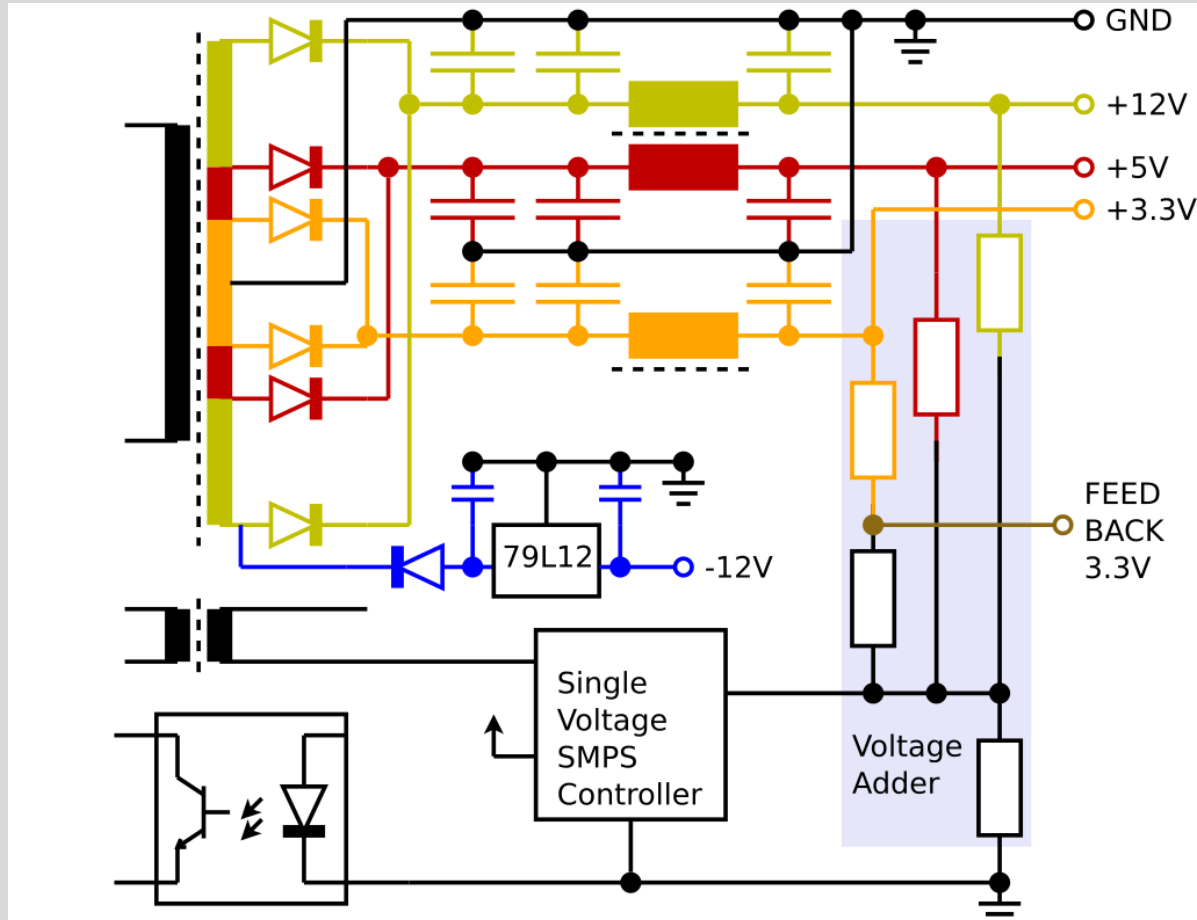
Spannungsteiler

- Spannungsteiler zur Beschaltung des Schaltspannungsreglers
Regelung der Ausgangsspannung



Spannungssummierschaltung

- Spannungssummierschaltung zur Beschaltung des Spannungsreglers



High-End vs Einsteiger



- Be Quiet! Straight Power E9 480W CM



- Be Quiet! Pure Power L8 500W

Vergleich 1

	Straight Power E9 480 CM	Pure Power L8 500W
Dauerleistung	480 Watt	500 Watt
Spitzenleistung	550 Watt	550 Watt
Powerfaktor bei 100% Last	0.99	0.97
Leistungsaufnahme im Stand-by	0.30 Watt	0.30 Watt
Durchschnittliche Lebensdauer	300.000 h	100.000 h
Anzahl der 12V Leitungen	4	2
3,3V	24 A	24 A
5V	22 A	15 A
12V1	18 A	28 A
12V2	18 A	20 A
12V3	18 A	
12V4	18 A	
Max. Gesamtleistung 12V	456 Watt	456 Watt
Max. Gesamtleistung 5V + 3.3V	130 Watt	120 Watt
Hold-up-Time	19 ms	16 ms

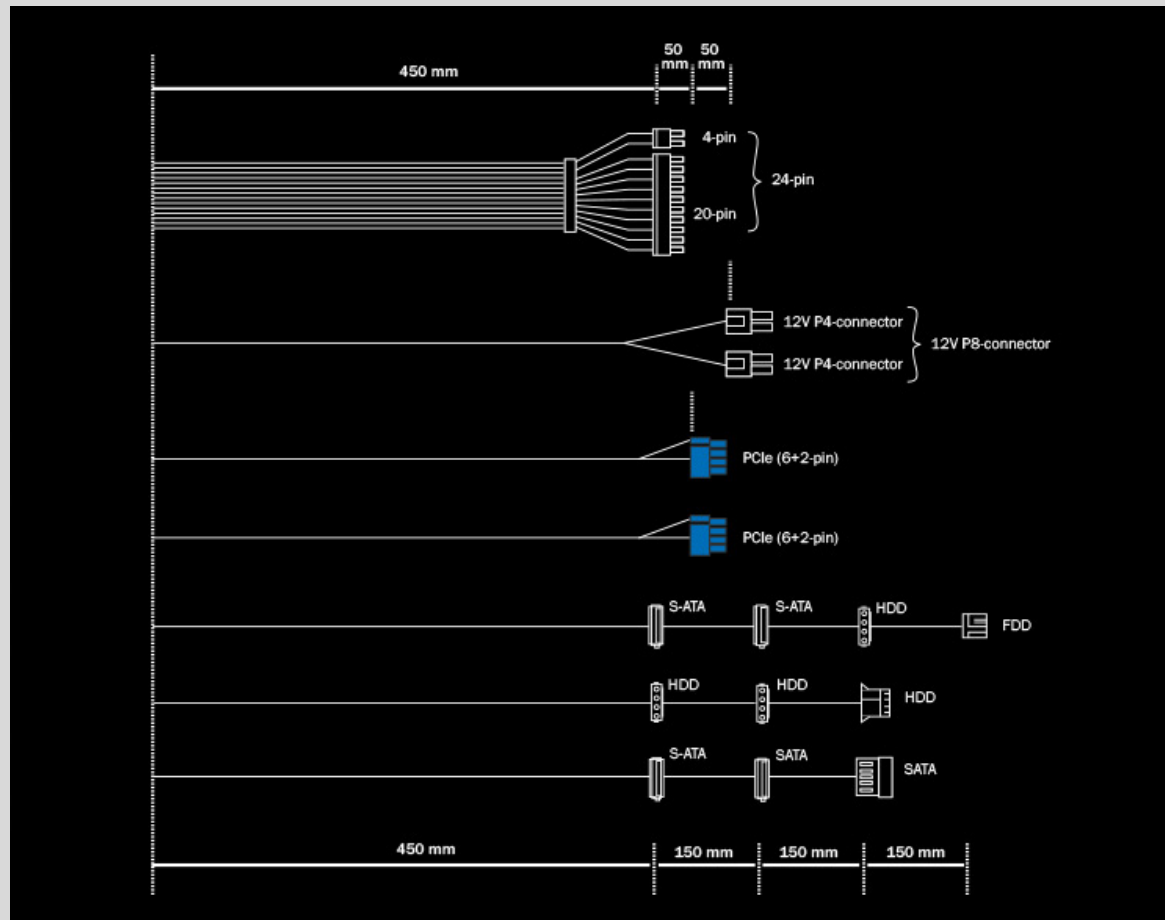
Vergleich 2

	Straight Power E9 480 CM	Pure Power L8 500W
80+ Zertifizierung	Gold	Bronze
Effizienz bei 20%	89.7%	84%
Effizienz bei 50%	92.8%	87%
Effizienz bei 100%	91.4%	84%
Lautstärke - 100% Last	18.8 dB(A)	25.1 dB(A)
Multi-GPU	Ja	Nein
Hersteller Garantie	5 Jahre	3 Jahre

Begriffe

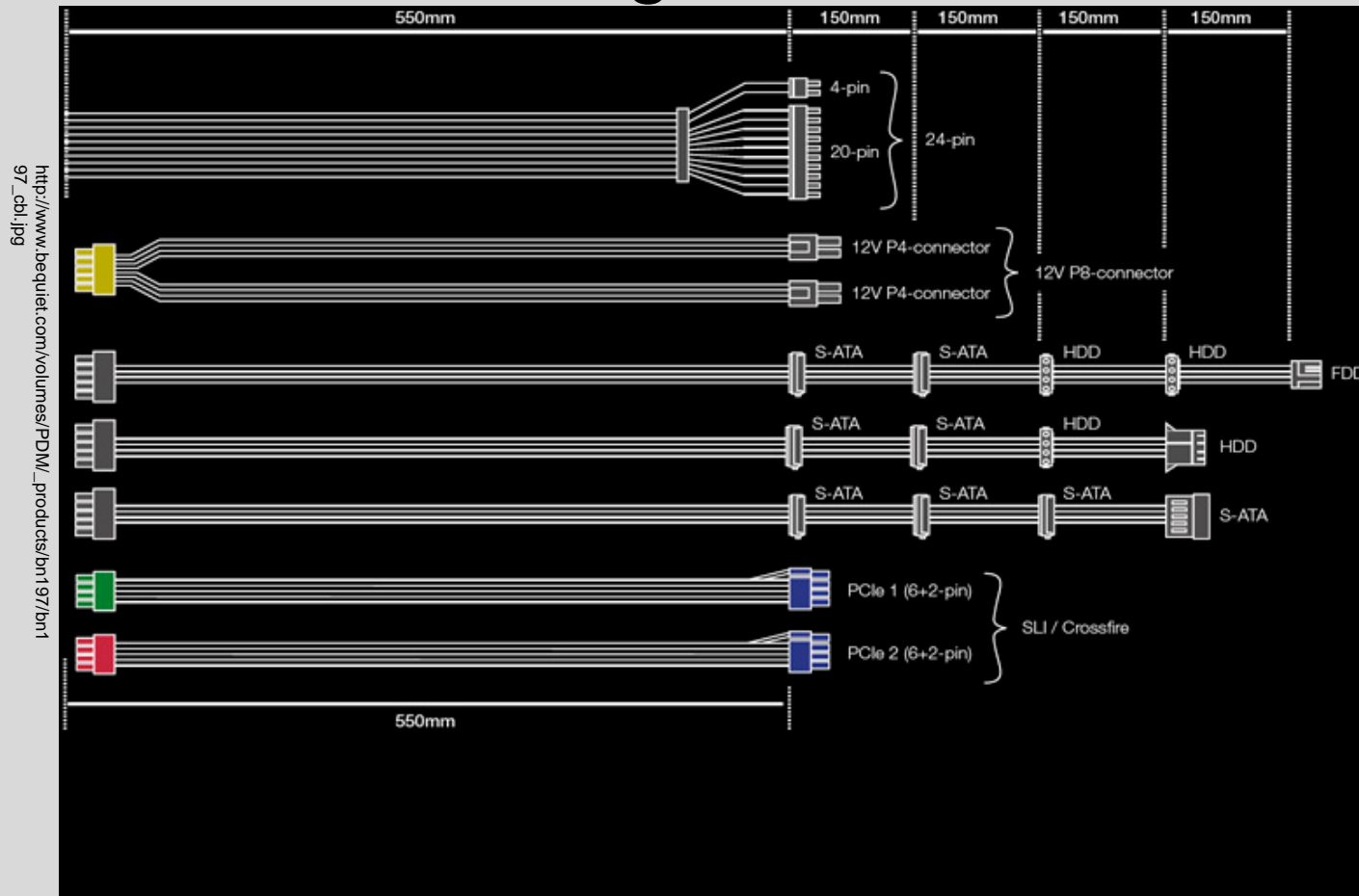
	Straight Power E9 480 CM	Pure Power L8 500W
OCP - Überstromschutz	✓	✓
OVP - Überspannungsschutz	✓	✓
UVP - Unterspannungsschutz	✓	✓
SCP - Kurzschlusschutz	✓	✓
OTP - Überhitzschutz	✓	✓
OPP - Überlastschutz	✓	✓

Anschlüsse 1 ohne Kabelmanagement



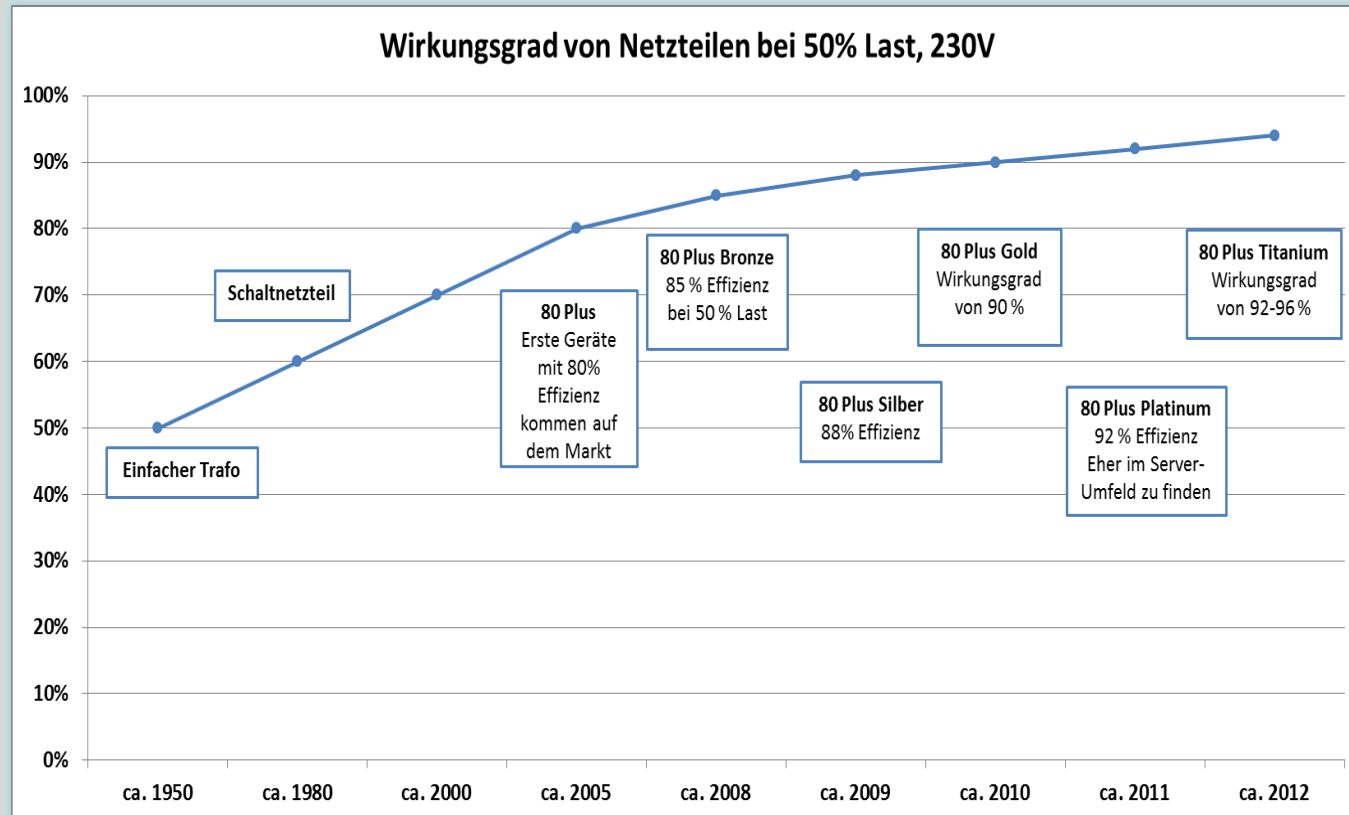
Be Quiet! Pure Power L8 500W – 60 €

Anschlüsse mit Kabelmanagement



Be Quiet! Straight Power E9 480W CM – 100€






80 Plus Zertifizierung - Wirkungsgrad



Der Wirkungsgrad ist definiert durch

$\eta = \text{Abgegebene Leistung} / \text{Zugeführte Leistung}$

80 Plus Zertifizierung - Wirkungsgrad

					
Leistungsfaktor	0,90	0,90	0,90	0,90	0,95
Wirkungsgrad bei 20% Last (Idle)	80%	82%	85%	87%	90%
Wirkungsgrad bei 50% Last (schwache Last)	80%	85%	88%	90%	92%
Wirkungsgrad bei 100% (volle Last)	80%	82%	85%	87%	89%

Symbole auf Netzteil

be quiet!® **DARK POWER PRO**

AC INPUT 交流輸入		100V - 240Vac 50 - 60Hz 10 - 5A							
DC OUTPUT 直流輸出		3.3V	5V	12V1	12V2	12V3	12V4	-12V	5VSB
MODEL NO 型號	MAX OUTPUT CURRENT 最大電流	26A	30A	20A	20A	20A	20A	0.8A	4A (peak 5A)
				52A					
BQT P7-Pro-650W	MAX COMBINED WATTAGE 最大瓦特數	170W		624W				9.6W	20W
		650W							

CB **CE** **(N)** **(S)** **(FI)** **(D)**  **R43001**  **US E317347**  **TUV Rheinland Product Safety**  **SAUANT CEPRUIT TYPE APPROVED**  **FC** Tested to Comply With FCC Standards FOR HOME OR OFFICE USE 

VORSICHT! **CAUTION!**

- <http://www.bequiet.com/de/psucalculator>

Lernzielkontrolle

- Wie unterscheiden sich Analognetzteile von Digitalnetzteilen?
- Erläutern Sie kurz die Arbeitsweise eines Digital-(Schalt)-Netzteils!
- Wie lassen sich Störungen aus der Versorgungsspannung herausfiltern?
- Welche Bauelemente richten die Wechselspannung gleich?
- Wodurch erreicht man die kleinere Bauform eines Digitalnetzteils gegenüber einem Analognetzteil bei gleicher oder sogar höherer Leistung?
- Was bedeuten die bezüglich der Spannungsverarbeitung gebräuchlichen Abkürzungen?
 - EMI
 - PFC
 - AC/DC, AC/AC, DC/DC,
 - PWM
- Was bedeuten die bezüglich von eingebauten Schutzeinrichtung gebräuchlichen Abkürzungen?
 - OCP, OVP
 - UVP
 - SCP
 - OTP
 - OPP
- Was muss beim Austausch eines PC-Netzteiles beachtet werden? Nennen Sie mindestens 3 Fakten!
- Was verstehen Sie unter Kabelmanagement?
- Nennen Sie mindestens 3 verschiedene Stecker, die im PC für die Stromversorgung der Komponenten eingesetzt werden!
- Nennen Sie 3 wichtige Spannungen im PC, die das Netzteil bereitstellt!
- Was verstehen Sie unter dem „Power-Good-Signal“?
- Erläutern sie die Angaben auf dem Typenschild!
- Welche Parameter und Gegebenheiten sind beim Austausch eines Netzteils zu beachten?
- Sie wollen ein Netzteil überprüfen. Dafür steht Ihnen nur ein Vielfachmesser zur Verfügung. Worauf müssen Sie achten, damit Sie brauchbare Messwerte bekommen?
- Neue Netzteile haben einen Schalter auf der Rückseite. Wozu dient er und warum ist er notwendig?
- Was passiert beim Betätigen des Einschaltknopfes an der (z. B.) Frontseite des PC? Bitte erläutern Sie dies in Stichpunkten.
- Welche Möglichkeiten bieten sich durch das Schalten mit Fronttaster?
- Was bedeutet der Begriff „Effizienz“ eines Netzteils?
- Was bedeutet der Power-Korrekturfaktor? ($\cos \varphi$)

Abschluss



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Für weitere Fragen stehe ich Ihnen gerne zur Verfügung.