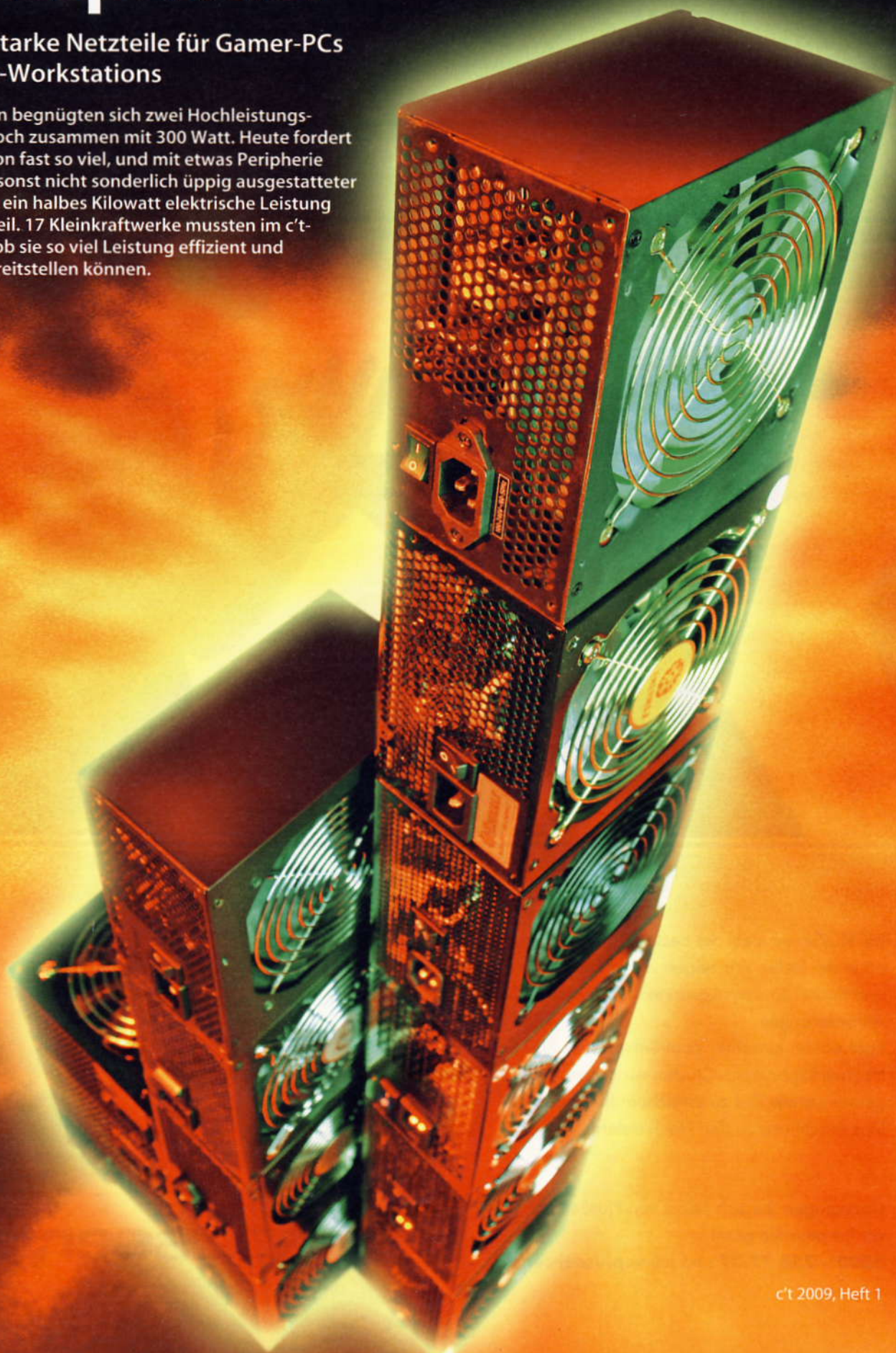


Ernst Ahlers

# Kraftspender

Leistungsstarke Netzteile für Gamer-PCs  
und Grafik-Workstations

Vor zwei Jahren begnügten sich zwei Hochleistungsgrafikkarten noch zusammen mit 300 Watt. Heute fordert eine allein schon fast so viel, und mit etwas Peripherie zieht auch ein sonst nicht sonderlich üppig ausgestatteter Rechner schon ein halbes Kilowatt elektrische Leistung aus dem Netzteil. 17 Kleinkraftwerke mussten im c't-Labor zeigen, ob sie so viel Leistung effizient und zuverlässig bereitstellen können.



Für diesen Test haben wir den Leistungsbedarf eines gut, aber nicht exzessiv ausgestatteten Gamer-PCs beziehungsweise einer Grafik-Workstation mit rund 550 Watt angesetzt: Die Top-Grafikkarte fordert maximal 280 Watt, der Prozessor zieht 125 Watt (TDP) und für das Restsystem (Mainboard, Laufwerke, Peripherie) veranschlagen wir weitere 100 Watt sowie etwas Reserve. Damit das Testfeld einigermaßen vergleich- und überschaubar ist, zogen wir die obere Grenze bei 630 Watt. Dennoch fanden 17 verschiedene Modelle den Weg ins c't-Labor, teils ältere, aber noch aktuelle Konstruktionen wie Seasonics M12-600, teils brandneue Modelle wie das GP-AL550AA von Glacial-Power, das erst in den nächsten Wochen auf den Markt kommt.

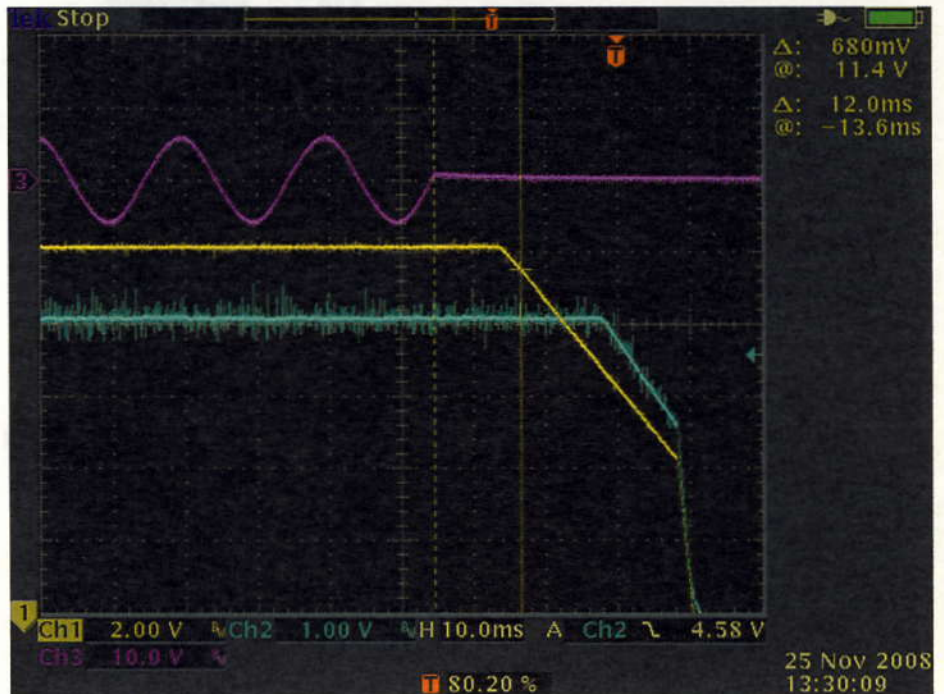
Der erste Blick auf die technischen Daten gilt oft der Steckerausstattung. Wenn das Netzteil einen HD/Molex-Stecker für ältere Laufwerke zu wenig mitbringt, helfen auch vier PCIe-Stecker für Grafikkarten kaum. Zwar genügen für einen Einfach-PC mit Festplatte und DVD-Brenner je ein SATA- und ein HD/Molex-Stecker, aber für ausreichende Flexibilität setzen wir als Mindestausstattung je vier solcher Anschlüsse voraus, damit Reserven für spätere Erweiterungen da sind. Gleichmaßen muss ein Netzteil den obligatorischen vierpoligen ATX12V-Zusatzstecker fürs Mainboard oder einen teilbaren EPS12V-Stecker sowie mindestens einen der für Gaming-PCs unverzichtbaren PCIe-Stecker für Highend-Grafikkarten mitbringen.

Zusätzliche Extras, etwa Abgänge zum Versorgen von Gehäuselüftern oder für die Drehzahlüberwachung des Netzteilüfters, heben die Ausstattungsnote an. Ein Netzteil, das mit einzeln ansteckbaren Kabeln erweiterbar ist, bekommt bezüglich der Ausstattung indes keine Bonuspunkte. Zwar gewinnt man damit an Flexibilität und kann sich über ein etwas lichter Kabeldickicht im Rechner freuen. Aber andererseits baut kaum ein PC-Besitzer sein Gerät alle sechs Wochen um, sodass das Stecksystem seinen Vorteil ausspielen könnte.

Ferner stellen die zusätzlichen Kontakte immer auch potenzielle Fehlerquellen (Korrosion, Spannungsabfall) dar und erhöhen die Einbautiefe. Für den Aufpreis der sogenannten „modularen“ Netzteile von mindestens 10 Euro kann man säckchenweise Kabelbinder kaufen, um im PC für Ordnung zu sorgen. Viele Hersteller legen die ihren Geräten gleich bei, alternativ auch wiederverwendbare Klettbander.

Cooler Master liefert bei seinem RS-600-AMBA-D3 durchgehend schwarze Steckkabel mit. Das sieht zwar cool aus, hindert aber bei der Fehlersuche. Denn so ist nicht mehr unmittelbar einsichtig, an welchem HD-Steckerpin +5 V (rote Ader) oder +12 V (gelb) anliegen.

Die meisten Geräte im Test trennen die hoch belastete 12-Volt-Schiene in mehrere Zweige auf. Allerdings dokumentiert kein Hersteller absolut eindeutig, auf welchem Stecker welcher der 12Vx-Zweige liegt. Das



Bei Netzteilen mit Sekundärwandlern (DC/DC-Topologie) wie dem SST-ST60EF sackt bei einer Netzunterbrechung unter Vollast die 12-Volt-Schiene (gelb) schneller unter ihre Toleranzschwelle als der 5-V-Ausgang (blau).

wird beispielsweise dann relevant, wenn bei einer Grafikkarte ein Steckadapter beiliegt, mit dem man zwei 12V-Zweige zur Versorgung zusammenführen kann, damit der Maximalstrom der Karte nicht den Maximalstrom eines Zweigs überschreitet. Am besten macht das Chieftec beim APS-550C: An den Aufklebern der Stecksystembuchsen steht, wo welche Schiene anliegt. Jedoch ist nicht dokumentiert, wozu ATX12V und EPS12V gehören.

Bis auf das Silverpower-Netzteil war bei allen Geräten mindestens ein PCIe-Stecker mit einem zusätzlichen, zweipoligen Kontaktsatz als PCIe8-Stecker nutzbar. Das SST-ST60EF brachte diesen separat mit.

## Genügsamer Betrieb

Anders als früher leistete sich kein Prüfling Ausreißer bei den Sollspannungen in den verschiedenen Lastfällen. Deshalb führen wir die gemessenen Spannungen nicht in der Ergebnistabelle ab Seite 150 auf und konzentrieren uns auf die Effizienz.

Um den Wirkungsgrad zu messen, beaufschlagten wir mittels elektronischer Lasten (Zentro Elektrik ELA200D/250D) die Netzteile mit konstanten Strömen, ließen sie in jeder Stufe 10 Minuten warmlaufen, kontrollierten dann die Ströme und maßen die Spannungen sowie die vom Stromnetz gezogene Wirk- und Scheinleistung. Bei der Verteilung der Last auf die Spannungsschienen haben wir die Werte extrapoliert, die Intels Power Supply Design Guide empfiehlt.

Aus den sekundären Spannungen und Strömen errechneten wir die abgegebene

Leistung. Da die Spannungen laut ATX-Spezifikation um  $\pm 5$  Prozent (+3,3 V, +5 V, +12 V, +5 V<sub>sb</sub>) beziehungsweise  $\pm 10$  Prozent (-12 V) schwanken dürfen, liegt die reale Sekundärleistung meist etwas neben dem exakten 20%-, 50%- oder Vollast-Punkt. Der daraus errechnete, aufs volle Prozent gerundete Wirkungsgrad kann deshalb abweichen, wenn man die ideale statt der realen Sekundärleistung ansetzt.

Die Speisung der Prüflinge erfolgte während der Tests über eine steuerbare Wechselspannungsquelle (Agilent 6813B) mit sauberen 230 Volt bei 50 Hertz, um Störungen aus dem Stromnetz des Verlags auszuschließen. Zur primärseitigen Leistungsmessung diente ein Präzisionsleistungsmessgerät (ZES LMG95).

Gemäß Energy Star 4.0 und 80-plus-Spezifikation soll ein PC-Netzteil bei drei Lastfällen mindestens 80 Prozent Wirkungsgrad erreichen. Die Lastfälle sind mit 20, 50 und 100 Prozent der spezifizierten Maximallast eines Netzteils so gewählt, dass damit typische Betriebszustände (Idle, schwache und volle Rechenlast) des gespeisten Rechners nachgebildet werden. Statt des gemessenen Wirkungsgrades stellen wir in den Balkendiagrammen übrigens die verbleibenden Verluste (100% minus Wirkungsgrad) dar, weil so die Unterschiede besser hervortreten.

Unterschreitet ein Prüfling die Mindestforderung, bewerten wir das mit einer schlechten Note. Übertrifft er sie indes um fünf Prozentpunkte oder mehr, dann gibt es ein „Gut“. Eine sehr gute Note hätten wir ab 90 Prozent gegeben, doch das schaffte noch kein Gerät. Wir weichen mit dieser Beurtei-

<b>AmacroX</b>		<b>FreeStyle 80PLUS</b>	
		<b>AX550-EP</b>	
AC Input	100-240Vac - 8.5-4A 50-60Hz		
DC Output	+3.3V	+5V	+12V1 +12V2 +12V3 +12V4 -12V +5Vsb
Max Output Current	36A	30A	18A 18A 18A 18A 0.6A 3.0A
Max Combined Power	155W		25W
Total Power	550W		
12V Output Distribution List			
12V1	for CPU1		
12V2	for PCI-E1		
12V3	for MB & Accessory		
12V4	for PCI-E2		
<small>WARNING: SAFETY INFORMATION</small> <small>FOR YOUR SAFETY, DO NOT OPEN THE COVER OF THIS POWER SUPPLY UNIT. THE COVER IS LOCKED TO PREVENT YOU FROM OPENING THE COVER. TO OPEN THE COVER, YOU MUST REMOVE THE COVER LOCK. NEVER REMOVE THE COVER UNLESS YOU ARE A QUALIFIED SERVICE PERSONNEL. REFER TO THE USER MANUAL FOR SAFETY INFORMATION.</small>			
<small>FC</small> <small>CB</small> <small>CE</small> <small>UL</small> <small>N</small> <small>RoHS</small>			
<a href="http://WWW.AMACROX.COM">WWW.AMACROX.COM</a>			

<b>ATX 2.2</b>		<b>FUSION 550RF</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>•Peak Output Power: 550 Watts</li> <li>•80 Plus Efficiency</li> <li>•Active PFC</li> <li>•Over Voltage Protection</li> <li>•Short Circuit Protection</li> <li>•High Reliability</li> <li>•Low Ripple Noise</li> <li>•Intelligent Fan Controller</li> </ul>			
<b>80 PLUS</b>			
<small>Model Fusion 550RF AC Input: 100-240VAC, 3A, 50/60Hz</small>			
+12 V <sub>1</sub> : 17 A	combined output	408 W	
+12 V <sub>2</sub> : 17 A	combined output	130 W	
+5 V <sub>1</sub> : 24 A	combined output	120 W	
+3.3 V: 24 A	combined output	84 W	
-12 V: 0.8 A	combined output	9.6 W	
+5 V <sub>sb</sub> : 2.5 A	combined output	12.5 W	
<small>CAUTION: HAZARDOUS AREA</small> <small>Do not remove this cover. Hazardous electrical parts are exposed. Never attempt to repair this unit.</small>			

<b>be quiet!</b>		<b>Model No. (型番): BQT E6-550W</b>	
AC Input	100-240Vac	50-60Hz	10-5A
DC Output	+3.3V	+5V	+12V1 +12V2 +12V3 +12V4 -12V +5Vsb
Max Output Current	32A	30A	18A 18A 18A 18A 0.5A 3A
Max Combined Power	170W		25W
Total Power	550W		
<small>CB</small> <small>CE</small> <small>UL</small> <small>N</small> <small>FI</small> <small>S</small>			
<small>VORSICHT!</small> <small>Die Abdeckung des Netzteils unter keinen Umständen selbst abnehmen! Reparaturen bitte nur durch ausgebildetes Fachpersonal vornehmen lassen. Es sind keine zu wartenden Bauteile vorhanden.</small>			
<small>CAUTION!</small> <small>Don't remove the cover by yourself! Fixing has to be done by qualified personnel only. No parts were used that need any maintenance.</small>			
<small>Made in China</small>			



AmacroX AX-550EP: hoher Wirkungsgrad auch bei Vollast, dann allerdings nicht mehr sehr leise



Arctic Cooling Fusion 550RF: gummi-gelagerter Lüfter ragt hinten ins PC-Gehäuse, dadurch sehr leise, sehr hohe Standby-Stützzeit



be quiet! Straight Power 550W: guter Wirkungsgrad und leise, zusätzliche Ausgänge für Systemlüfter

lung bewusst vom 80-plus-Schema für die Anfang 2008 neu geschaffenen Einstufungen Bronze (82/85/82%), Silber (85/88/85%) und Gold (87/90/87%) ab. Diese sind unserer Ansicht nach zu eng gewählt und dienen eher dem Marketing, denn so wenige Prozent Wirkungsgradunterschied machen sich noch nicht nachhaltig bemerkbar.

**Innovation am falschen Ende**

Wenig effiziente Netzteile ohne 80-plus-Bescheinigung sind kaum mehr zu verkaufen, und so schaffen auch alle Modelle in diesem Test die Mindestforderung von 80 Prozent

Wirkungsgrad bei den drei Lastfällen, wenn auch manchmal knapp (CobaNitrox bei 20%-Last). Folglich versuchen sich die Hersteller über höhere Effizienz von der Konkurrenz zu distanzieren. Einzelne Geräte – etwa die von Cooler Master, GlacialPower, NesteQ und Tagan – lagen nach unseren Messungen auch bei schwacher und mittlerer Last schon bei 85 bis 87 Prozent, das Silverstone-Modell erreichte sogar in beiden Fällen 87 Prozent.

Mit der jüngst erschienenen Revolution85+-Serie will Enermax gegenüber dem Wettbewerb weiter vorlegen: Die Geräte sollen die 80-plus-Silber-Marke erreichen, der Hersteller verspricht gar bis zu 91 Pro-

zent Wirkungsgrad. Leider beschränkt sich Enermax dabei zunächst auf die umsatzträchtige Leistungsklasse ab 850 Watt aufwärts. Das kleinste Modell der Serie ist derzeit mit einem Straßenpreis von 230 Euro gelistet und damit teurer als mancher Einfachst-PC. Solche Boliden sind für normale Gaming-PCs überdimensioniert, viel mehr noch für gewöhnliche Surf- oder Schreib-Rechner. Die Einsparung über die Stromrechnung wiegt den Mehrpreis gegenüber einem besser angepassten, aber nicht ganz so effizienten Netzteil bei Weitem nicht auf.

Eine kurze Beispielrechnung verdeutlicht das: Läuft der Gaming-PC mit 500 Watt sekun-

Modell/Last	2,5 Watt	5 Watt	7,5 Watt	10 Watt
AmacroX AX-550EP	42	35	32	30
Arctic Cooling Fusion 550RF	34	28	27	27
be quiet! Straight Power 550W	45	37	33	33
Chieftec APS-550C	34	29	28	29
CobaNitrox IT-7600SG	44	37	33	31
Cooler Master RS-600-AMBA-D3	35	31	30	31
Enermax Pro82+ 625W	37	31	29	29
FSP Epsilon 80plus 600	41	35	32	30
GlacialPower GP-ALS50AA	41	34	31	31
Jou Jye SGE-550AUBA	41	35	34	34
NesteQ ECS 6001	42	34	30	30
Raptoxx RT-600ABP-P	43	34	32	32
Seasonic M12-600	35	27	24	24
Seventeam ST-550P-AF	40	34	32	31
Silverpower Blue Lightning 600W	44	35	31	30
Silverstone SST-ST60EF	45	35	32	31
Tagan TG600-U33II	34	30	27	28

alle Werte in Prozent, zur Verdeutlichung Verluste statt Wirkungsgrad dargestellt



**Chieftec APS-550C: Dokumentation der 12-V-Schienen an den Stecksystembuchsen außer ATX12V/EPS12V, gute Standby-Effizienz**

**CobaNitrox IT-7600SG: 80-plus-Schwelle bei schwacher Last knapp geschafft, bei Vollast recht laut, aber gute Störfestigkeit**

**Cooler Master RS-600-AMBA-D3: hohe Stützzeit, auch im Standby, guter Wirkungsgrad, obendrein wenig Geräuschentwicklung**

därer Vollast fünf Jahre lang an 220 Tagen für eine Stunde unter Vollast sowie sieben Stunden im Idle-Betrieb (20%-Last) und ist die restliche Zeit komplett ausgeschaltet, dann kommen mit einem effizienteren Netzteil (87% Wirkungsgrad bei Idle und Vollast) 303,45 Euro Stromkosten zusammen (bei 20 Cent pro Kilowattstunde). Mit einem Gerät, das in den Lastfällen lediglich 82 Prozent erreicht, sind es aber bloß 18,50 Euro mehr.

Wenn man je vier Stunden Vollast und Idle ansetzt, kommen auch nur 37 Euro Einsparpotenzial heraus (643,90 – 606,90 Euro). Selbst beim Verhältnis 7:1 – sieben Stunden Stresszocken täglich erreichen wohl nur sehr wenige Gamer – sind es erst 55,51 Euro (965,85 – 910,34 Euro). Offensichtlich lohnt es sich nicht, für die letzten zwei, drei Prozent mehr Wirkungsgrad deutlich mehr Geld auszugeben – es sei denn, man möchte sein Ökogewissen um jeden Preis besänftigen.

Ein hoher Wirkungsgrad ist übrigens mit Server-Netzteilen viel leichter zu erreichen, denn diese arbeiten oft mit nur einer Sekundärspannung (+12 V). So lässt sich der Wandler verlustärmer auslegen, ohne dass dabei die Fertigungskosten übermäßig steigen. Beispielsweise hat Dell Ende Juni Server-Netzteile angekündigt, die bis zu 92 Prozent erreichen und sich damit das 80-plus-Gold-Label verdienen.

### Grüner Schlaf

Fast noch wichtiger als der Wirkungsgrad im Betrieb ist die Effizienz im Standby (ACPI S3, Suspend-to-RAM, STR oder ACPI S4, Suspend-to-Disk).

Denn in diesem Zustand bringt ein typischer PC mit Abstand die meiste Zeit, wenn man ihn nicht per Netzschalter komplett vom Stromnetz trennt. Im obigen Beispiel würde der PC etwas über 35 000 Stunden im Standby ruhen, wenn man ihn nicht vom Netz trennt. Jedes hier weniger verbrauchte Watt spart über die fünf Jahre rund 61 Euro.

Besonders interessant ist STR, weil der Rechner nach einem Druck auf seinen Ein-Taster binnen Sekunden wieder betriebsbereit ist. STR braucht allerdings typischerweise ein bis fünf Watt mehr aus dem Stromnetz als Suspend-to-Disk, weil das Mainboard dann auch seinen Hauptspeicher aus der 5-Volt-Standby-Schiene versorgen muss. Trotz des Mehrverbrauchs ist STR das Mittel der Wahl für kurze oder längere Arbeits- beziehungsweise Spielpausen.

Die Effizienz im Standby testeten wir in Anlehnung an den Power Supply Design Guide, wählten aber anders als dieser vier äquidistante Lasten (2,5, 5, 7,5 und 10 Watt Last an 5 V<sub>SB</sub>). Das erlaubt unserer Ansicht nach eine realistischere Einschätzung bei unterschiedlich ausgestatteten Rechnern: Die kleinste Stufe entspricht einem modernen PC, der im STR lediglich sein Mainboard und den Hauptspeicher versorgen muss. Mit den weiteren Stufen kommt immer mehr Peripherie hinzu wie etwa TV-Karten, USB-Headsets, zwecks Akkuladen angeschlossene MP3-Player oder busgespeiste USB-Hubs.

Die Mindestforderung für eine zufriedenstellende Note in der 2,5-Watt-Stufe sind 50 Prozent Wirkungsgrad, bei den höheren Stufen

60 Prozent sein. Damit hatte erfreulicherweise kein Prüfling Probleme. Ein „gut“ gibt es ab 64 beziehungsweise 70 Prozent. Das vergleichsweise alte Modell M12-600 von Seasonic zeigte den Neulingen mit 76 Prozent in der 7,5- und 10-Watt-Stufe, was eine Harke ist. Das war uns ein „sehr gut“ wert.

### Dickes Fell

Neben der Sparsamkeit gehört auch die Verträglichkeit im Stromnetz zu den gewünschten Eigenschaften eines Stromspenders. Ungebilligliche Netzrückwirkungen wie einen zu hohen Oberschwingungsgehalt des Eingangsstroms konnten wir bei keinem Prüfling feststellen. Ein Indiz dafür liefert schon der Leistungsfaktor (Verhältnis von Wirk- zu Scheinleistung). Da alle Geräte mit aktiver Power-Factor-Correction (PFC) ausgestattet sind, die dafür sorgt, dass der Eingangsstrom weitgehend sinusförmig ist, lag der Leistungsfaktor überall erwartungsgemäß höher als 0,8. Doch auch bei der Einzelauswertung im Vollastbetrieb hielten alle Prüflinge die Oberschwingungsgrenzen gemäß EN 61000-3-2 ein.

Bei den Geräten von GlacialPower und Tagan stellten wir einen nennenswerten Hochfrequenzanteil aufgrund zu schwacher Filterung fest: Beim ersten waren es 0,4 A<sub>55</sub> bei 63 kHz, beim letzteren 0,8 A/65 kHz. Da hochfrequente leitungsgeführte Störgrößen nach EN 55022 aber erst ab 150 kHz bewertet werden, fallen diese HF-Ströme in ein Normenloch und es gibt für uns nichts zu ahnden.



**Enermax Pro82+ 625W:** kaum hörbar bei schwacher und mittlerer Last, übersteht auch kräftige Störpuls

**FSP Epsilon 80plus 600:** kein Sonderangebot, hoher Wirkungsgrad bei Halb- und Volllast, noch gute Geräuscharm

**GlacialPower GP-AL550AA:** hohe Stützzeit bei 5 V und 12 V sowie gute Effizienz im Betrieb, durchschnittliche Ausstattung

Umgekehrt müssen Netzteile auch gegen Störungen aus dem Stromnetz gefeit sein. Wir untersuchten ihr Verhalten bei kurzen Netzaussetzern sowie schwachen (Bursts) und starken Hochspannungsstörungen (Surges). Kurze Aussetzer treten beispielsweise bei Umschaltvorgängen im Netz des Stromversorgers auf. ATX-Netzteile sollen solche Unterbrechungen gemäß Power Supply Design Guide bei Volllast für mindestens 16 Millisekunden überbrücken können (Stützzeit), ohne dass die Spannungen ihr Toleranzfenster verlassen. Das testeten wir diesmal nicht nur wie üblich bei der früher ausschlaggebenden +5-Volt-Schiene,

sondern auch bei der zunehmend wichtigeren +12-V-Versorgung, denn diese liefert bei Volllast rund drei Viertel der gesamten Leistung.

Der Design Guide gestattet für die +12-Volt-Schiene eine Abweichung bis zu 10 Prozent. Die darf aber nur bei kurzzeitigen Stromspitzen auftreten, die den spezifizierten Maximalstrom übersteigen. Die Lastverteilung ist in unserem Testaufbau jedoch so ausgelegt, dass der +12-V-Maximalstrom auch bei Volllast noch nicht erreicht wird. Deswegen haben wir die 12-V-Stützzeit mit der spezifizierten 5%-Toleranzschwelle (Unterschreiten von +11,4 V) gemessen.

Damit ein Gerät eine zufriedenstellende Grundbewertung für die Störimmunität bekommt, muss es nun bei *beiden* Spannungen mindestens 16 Millisekunden erreichen. Ein „gut“ gibt es ab 24 ms und eine sehr gute Bewertung ab 32 ms.

Die 16 ms für die 5V-Stützzeit schafften alle Prüflinge. Auffällig war aber das Verhalten bei Enermax, Seasonic und Silverstone. Die 12-V-Schiene sackte schneller ab als die 5-V-Schiene. Besonders deutlich war der Unterschied beim SST-ST60EF: Der 5-V-Ausgang hielt mit 26 ms überdurchschnittlich lange durch. Die 12-V-Schiene knickte aber auch beim besseren von zwei Exemplaren

**Verluste im Betrieb**

Modell/Last	20 Prozent <besser	50 Prozent <besser	Volllast <besser
Amacrox AX-550EP	18	14	15
Arctic Cooling Fusion 550RF	16	14	19
be quiet! Straight Power 550W	19	14	15
Chieftec APS-550C	18	14	16
CobaNitrox IT-7600SG	20	15	17
Cooler Master RS-600-AMBA-D3	15	13	17
Enermax Pro82+ 625W	16	13	16
FSP Epsilon 80plus 600	19	14	15
GlacialPower GP-AL550AA	15	13	16
Jou Jye SGE-550AUBA	19	16	18
NesteQ ECS 6001	15	13	16
Raptoxx RT-600ABP-P	17	13	16
Seasonic M12-600	18	14	16
Seventeam ST-550P-AF	18	13	15
Silverpower Blue Lightning 600W	16	13	17
Silverstone SST-ST60EF	13	13	17
Tagan TG600-U33II	15	13	17

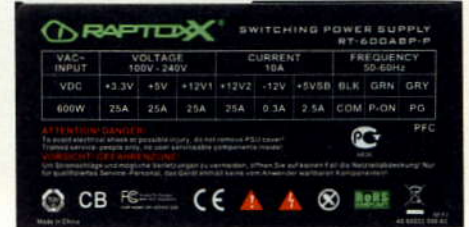
alle Werte in Prozent, zur Verdeutlichung Verluste statt Wirkungsgrad dargestellt



**Jou Jye SGE-550AUBA:** schon bei schwacher Last deutlich vernehmbar, sehr laut bei Volllast, aber gute Störimmunität



**NesteQ ECS 6001:** mit Lüfterdrehzahlüberwachung, sehr leise auch bei Volllast, fiel aber schon beim 1-kV-Surge aus



**Raptox RT-600ABP-P:** mit Putztuch, ohne Macken, zufriedenstellender Wirkungsgrad im Standby und Betrieb

schon nach 14 ms ein, was zur Abwertung führte. Allerdings konnte sich das Gerät durch überdurchschnittliche Burst- und Surge-Festigkeit wieder verbessern.

Das Verhalten dürfte beim EPR625AWT und dem SST-ST60EF an einer neuen Topologie liegen: Diese Geräte setzen die gleichgerichtete Netzspannung (325 V DC) zunächst auf 12 Volt Gleichspannung um und speisen daraus die 12-V-Verbraucher im PC. Für die anderen Spannungen (+3,3 V, +5 V und -12 V) hängen an den internen 12 V weitere DC/DC-Wandler. So lässt sich der primäre Wandler bei höheren Leistungen leichter optimieren. Allerdings hat diese Bauart auch Nachteile: Wenn der Entwickler den primären Ladungsspeicher (Netz-Elko) anhand der +5-V-Stützzeit auslegt, verlässt der 12-Volt-

Zweig bei Netzaussetzern zu schnell sein Toleranzfenster. Denn die sekundären DC/DC-Wandler können bis zu wenigen Volt Spannungsdifferenz herunter arbeiten, beispielsweise bis +7 V aus der 12-V-Hauptschiene. So können sie die +5 V am Ausgang deutlich länger bereitstellen.

### Schlafstörung

Die Stützzeit ist nicht nur im regulären Betrieb interessant, sondern auch wenn der PC im Standby-to-RAM ruht. Dafür definiert der Power Supply Design Guide ebenfalls 16 Millisekunden als Mindestzeit, die das Netzteil seinen 5-Volt-Standby-Ausgang oberhalb von 4,75 Volt halten muss. Eine Vorgabe für die dabei anzusetzende Last macht der Guide

nicht. Wir wählten den 5-Watt-Punkt, der einem gut mit RAM und wenig USB-Peripherie bestückten Rechner entspricht.

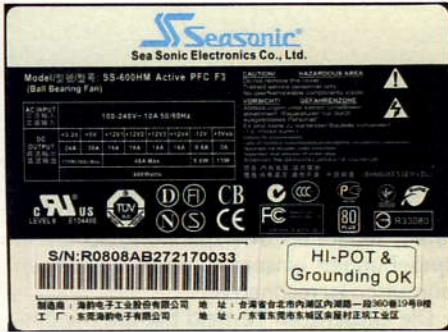
Alle Prüflinge übertrafen das 16-ms-Minimum bei Weitem. Die kürzeste gemessene Standby-Stützzeit lag mit 2,3 Sekunden beim 144fachen, die längste gar bei 4,2 Sekunden. Das reicht zwar nicht, um zum Sicherungskasten zu hechten, wenn der Automat auslöst, weil das Leuchtmittel in der Schreibtischlampe mit einem Knall den Geist aufgibt. Aber bei Unfällen wie versehentlichem Ausschalten der Steckerleiste hat man zumindest eine Chance.

Bursts sind vergleichsweise schwache, aber schnelle Pulspakete. Sie huschen beispielsweise durchs Stromnetz, wenn ein abgenutzter Elektromotor – etwa der im Hand-

### Geräusentwicklung

Modell/Last	20 Prozent <small>←besser</small>	50 Prozent <small>←besser</small>	Volllast <small>←besser</small>
Amacrox AX-550EP	0,2	0,5	1,6
Arctic Cooling Fusion 550RF	0 <sup>1</sup>	0 <sup>1</sup>	1,2
be quiet! Straight Power 550W	0 <sup>1</sup>	0,3	1,2
Chieftec APS-550C	0 <sup>1</sup>	0,3	2,7
CobaNitrox IT-7600SG	0,7	0,7	3,7
Cooler Master RS-600-AMBA-D3	0,2	0,1	0,7
Enermax Pro82+ 625W	0 <sup>1</sup>	0 <sup>1</sup>	2,3
FSP Epsilon 80plus 600	0,7	1,0	2,2
GlacialPower GP-AL550AA	0,6	0,7	2,2
Jou Jye SGE-550AUBA	1,7	2,7	5,2
NesteQ ECS 6001	0 <sup>1</sup>	0 <sup>1</sup>	0,4
Raptox RT-600ABP-P	0,2	0,2	2,3
Seasonic M12-600	0 <sup>1</sup>	0 <sup>1</sup>	0,9
Seventeam ST-550P-AF	0,1	0,1	0,1
Silverpower Blue Lightning 600W	1,1	1,0	2,1
Silverstone SST-ST60EF	0,2	0,2	0,4
Tagan TG600-U33II	0,6	0,6	1,9

<sup>1</sup> unter Messgrenze (0,1 Sone / 17 dBA) alle Werte in Sone



**Seasonic M12-600:** gute bis sehr gute Standby-Effizienz, etwas zu kurze 12-V-Stützzeit, sonst überdurchschnittliche Störfestigkeit

**Seventeam ST-550P-AF:** guter Wirkungsgrad, hohe Immunität, recht langer Kabelsatz, durchschnittliche Steckerausstattung

**Silverpower Blue Lightning 600W:** durchschnittliche Effizienz und Ausstattung, aber niedriger Preis

rührgerät oder einem Schlagbohrer – Bürstenfenner entwickelt oder der elektrische Zünder einer Heizung aktiv wird. Bursts machen sich typischerweise als Zirpen in Aktivlautsprechern bemerkbar. Surges stellen einzelne, aber kräftige Hochspannungspulse dar, die etwa bei einem entfernten Blitzschlag oder beim Ausschalten starker induktiver Lasten – große Trafos – im Versorgungsnetz auftreten können.

Beide Arten von Störungen muss ein Netzteil für den Einsatz in einer Wohnung oder einem Büro bei einem Pegel von 1000 Volt unter Volllast klaglos hinnehmen (EN 61000-4-4 und -4-5, Level 2). Zwar dürfen die Spannungen kurz einknicken oder das Gerät darf sich abschalten, aber keinesfalls beschädigt werden. Das Verhalten bei 1-kV-Bursts und -Surges haben wir in der Tabelle folgendermaßen vermerkt:

- ✓ keine Effekte;
- A Spannungen setzen vorübergehend aus;
- B Gerät schaltet ab, lässt sich wieder einschalten;
- C Netzteil defekt.

### Sanftes Säuseln

Wenn es im Ego-Shooter akustisch richtig rund geht, fällt das Betriebsgeräusch des Netzteils kaum ins Gewicht, anders als bei einer Grafik-Workstation. So haben wir die Geräuschkurve wiederum bei drei Lastfällen gemessen, denn einen guten Teil der PC-Betriebszeit werden Grafikerarbeiter und auch enthusiastische Gamer ihrem Arbeitsgerät keine Volllast abverlangen. Wir maßen das Geräusch wie bei Komplettsystemen in einem halben Meter Abstand. Bis



### Spannende Einschläge

Die 1-kV-Prüfung gehört zum Pflichtprogramm für das CE-Zeichen. Wir testeten darüber hinaus auch mit erhöhter Spannung (2000 Volt, Level 3), um die Spreu vom Weizen zu trennen. Geräte, die diese erhöhte Anforderung ohne Effekte überstanden, verdienen sich eine Heraufstufung bei der Immunitätsnote. Einen Ausfall haben wir indes nicht bestraft, da die 2-kV-Prüfung nur bei industriellem Einsatz vorgeschrieben ist.

Ungewöhnlicherweise fiel das ECS 6001 von NesteQ schon beim ersten 1-kV-Surge-Puls komplett aus, weswegen wir seine Immunität mit „sehr schlecht“ bewertet haben. Da der Effekt bei zwei Exemplaren auftrat, können wir einen Einzelfall („Montagsgerät“) recht sicher ausschließen. Der Hersteller räumte ein, dass es bei manchen Modellen ein Problem mit dem primären Brückengleichrichter gibt. Er will die betroffenen Geräte vom Markt nehmen.



**Silverstone SST-ST60EF:** Stützzeit bei 12 V deutlich zu kurz, sonst aber überdurchschnittliche Störimmunität, hoher Wirkungsgrad



**Tagan TG600-U33II:** geringe Verluste im Standby-Betrieb, noch erträglich laut bei hoher Last, mäßig störimmun

zu 0,5 Sone ergeben ein „sehr gut“, 1,6 bis 2,5 Sone stellen uns noch zufrieden, aber mehr als 4 Sone tragen eine schlechte Bewertung ein.

Dabei sollte man die Note bei Volllast mit etwas Abstand betrachten, denn hier fallen allein im Netzteil 100 bis 130 Watt Verlustleistung an, die der Lüfter als Wärme hinausbefördern muss. Das geht nur mit einer gewissen Drehzahl, die unweigerlich ein entsprechendes Betriebsgeräusch nach sich zieht. Tendenziell bleiben lautere Netzteile bei hoher Last kühler, was der Lebensdauer zugute kommt.

Andererseits sollten Systemkonstrukteure, die ein auch bei Volllast sehr leises Netzteil wählen, die Wärmeentwicklung in ihrem Eigenbau überprüfen und gegebenenfalls mit zusätzlichen Gehäuseventilatoren für ausreichend Luftdurchsatz sorgen. Sich allein auf den Netzteil Lüfter zu verlassen, kann insbesondere bei dicht gepackten Grafik-Workstations und Gaming-PCs nach hinten losgehen.

**Fazit**

In diesem Test leistete sich nur ein Netzteil einen groben Schnitzer: NesteQs ECS 6001

stellte zwar bei allen getesteten Lastfällen leise und effizient Leistung bereit, aber es versagte beim CE-Zeichen-relevanten Test auf Störimmunität mit 1-kV-Surges. Ein solches Gerät sollte man nur zusammen mit einem separaten Überspannungsschutz in Umgebungen einsetzen, wo mit häufigen Störpulsen zu rechnen ist.

Die Effizienz im Testfeld hat mit mindestens 80 Prozent Wirkungsgrad bei allen Lastfällen durchweg 80-plus-Niveau, wenn auch manchmal nur knapp. Die Mehrheit des Testfelds macht sich erfreulicherweise mit 87 Prozent bei halber Last schon in Richtung

**Kräftige Netzteile – technische Daten und Testergebnisse**

Hersteller/Marke	Amacrox	Arctic Cooling	be quiet!	Chieftec	CobaNitrox	Cooler Master	Enermax	FSP Group
Typenbezeichnung	FreeStyle 80plus (AX550-EP)	Fusion 550RF	Straight Power 550W (BQT E6-550W)	A135 Series 550W (APS-550C)	IT-7600SG	Silent Pro M Series 600W (RS-600-AMBA-D3)	Pro82+ 625W (EPR625AWT)	Epsilon 80plus 600 (PPA600S01)
Web	www.amacrox.com	www.arctic-cooling.de	www.be-quiet.net	www.chieftec.eu	www.cobanitrox.de	www.cooler-master.com	www.enermax.com	www.fspstyle.com
Anbieter/Distributor z. B.	Devil AG	Nord PC	API Comp.handel	Alternate	K&M Elektronik	First Wise Media	Siewert & Kau	Built Direkt
Web	www.devil.de	shop.nordpc.com	www.api.de	www.alternate.de	www.kmelektronik.de	www.firstwise.de	www.siewert-kau.com	www.built-direkt.de
<b>Anschlüsse/Daten laut Typenschild</b>								
ATX12V / EPS / PCIe-Stecker	- / ✓ <sup>1</sup> / 2	✓ / - / 4	✓ / ✓ / 2	✓ / ✓ / 2	- / ✓ <sup>1</sup> / 2	- / ✓ <sup>1</sup> / 2	- / ✓ <sup>1</sup> / 4	✓ / ✓ / 2
Kabellänge ATX24 / ATX12V / EPS / PCIe	42 cm / - / 42 cm / 41 cm	41 cm / 44 cm / - / 50 cm	60 cm / 60 cm / 59 cm / 60 cm	44 cm / 46 cm / 45 cm / 46 cm	62 cm / - / 65 cm / 65 cm	45 cm / - / 53 cm / 45 cm	55 cm / - / 55 cm / 50 cm	56 cm / 54 cm / 55 cm / 54 cm
FD / HD (Molex) / SATA-Stecker	0-1 / 0-6 / 0-5	1 / 3 / 6	1 / 4 / 8	0-2 / 0-4 / 0-6	1 / 4-10 / 0-6	0-1 / 2-5 / 6-9	1 / 6 / 7	1 / 6 / 6
Stecksystem / sonstige Anschlüsse	✓ / -	- / 2x Lüfterversorgung	- / 2x Lüfterversorgung	✓ / -	✓ / -	✓ / -	- / Lüfterdrehzahlüberwachung	- / -
Belastbarkeit +3,3V / +5V / +5Vsb	36 A / 30 A / 3,0 A	24 A / 24 A / 2,5 A	32 A / 30 A / 0,5 A	25 A / 25 A / 2,5 A	30 A / 28 A / 3,0 A	20 A / 20 A / 2,5 A	24 A / 24 A / 3,0 A	36 A / 30 A / 3,0 A
12V (1-n) / -12V	4x18 A / 0,8 A	2x17 A / 0,8 A	4x18 A / 0,5 A	2x25 A / 0,3 A	4x18 A / 0,8 A	1x40 A / 0,5 A	3x25 A / 0,6 A	4x18 A / 0,8 A
Volllast / Kombi 3+5 / 12 / Kombi 3+5+12	550 W / 155 W / 525 W / 525 W	550 W / 130 W / 408 W / 500 W	550 W / 170 W / 492 W / 550 W	550 W / 150 W / 450 W / 550 W	600 W / 180 W / 576 W / 600 W	600 W / 165 W / 480 W / 600 W	625 W / 140 W / 600 W / 625 W	600 W / 155 W / 575 W / 575 W
Netzeingang / Gehäusetiefe	100-240 V, 50-60 Hz / 165 mm	100-240 V, 50-60 Hz / 170 mm	110-240 V, 50-60 Hz / 170 mm	100-240 V, 50-60 Hz / 160 mm	200-240V, 50Hz / 160 mm	100-240 V, 50-60 Hz / 150 mm	100-240 V, 50-60 Hz / 140 mm	100-240 V, 50-60 Hz / 140 mm
mitgeliefertes Zubehör	Klettbander, Kabeltasche	-	Kabelbinder, Klettbander	-	Kabelbinder, Silikonmaske, 2xSATA / HD-Adapter	2 Silikonbauteile	Klettbander	Klettbander
Besonderes	-	-	-	-	2 Lüfter, Lüfterstrg.	-	-	-
<b>Standby-Betrieb</b>								
Leistungsaufnahme ohne Last	0,7 W	0,5 W	0,6 W	0,6 W	1,4 W	0,3 W	0,6 W	0,6 W
Leistungsaufnahme bei 2,5 / 7,5 / 10 W Abgabe	4,6 W / 8,1 W / 11,4 W / 14,5 W	3,8 W / 6,8 W / 10,0 W / 13,1 W	4,7 W / 8,1 W / 11,1 W / 14,5 W	4,0 W / 7,3 W / 10,6 W / 14,1 W	4,6 W / 7,9 W / 11,0 W / 13,9 W	3,9 W / 7,2 W / 10,6 W / 14,0 W	4,2 W / 7,5 W / 10,8 W / 14,1 W	4,4 W / 7,9 W / 11,1 W / 14,2 W
Wirkungsgrad dabei	58 % / 65 % / 68 % / 70 %	66 % / 72 % / 73 % / 73 %	55 % / 63 % / 67 % / 67 %	66 % / 71 % / 72 % / 71 %	56 % / 63 % / 67 % / 69 %	65 % / 69 % / 70 % / 69 %	63 % / 69 % / 71 % / 71 %	59 % / 65 % / 68 % / 70 %
Stützzeit bei 5 W Abgabe	2,7 s	4,2 s	2,6 s	3,2 s	3,4 s	3,9 s	3,1 s	3,0 s
<b>Messergebnisse bei 20 Prozent Last</b>								
Wirk- / Scheinleistungsaufnahme	136,4 W / 158,8 VA	131,9 W / 139,4 VA	139,1 W / 160,7 VA	137,4 W / 150,8 VA	151,7 W / 163,3 VA	142,5 W / 155,0 VA	151,9 W / 170,1 VA	148,2 W / 163,8 VA
Wirkungsgrad / Leistungsfaktor	82 % / 0,86	84 % / 0,95	81 % / 0,87	82 % / 0,91	80 % / 0,93	85 % / 0,92	84 % / 0,89	81 % / 0,90
Geräusch	0,2 Sone / 20,3 dBA	- <sup>2</sup>	- <sup>2</sup>	- <sup>2</sup>	0,7 Sone / 28,5 dBA	0,2 Sone / 21,3 dBA	- <sup>2</sup>	0,7 Sone / 29,1 dBA
<b>Messergebnisse bei 50 Prozent Last</b>								
Wirk- / Scheinleistungsaufnahme	318,9 W / 332,4 VA	318,0 W / 325,8 VA	324,3 W / 343,9 VA	325,3 W / 346,0 VA	359,2 W / 370,2 VA	348,1 W / 357,6 VA	364,5 W / 387,9 VA	348,6 W / 368,7 VA
Wirkungsgrad / Leistungsfaktor	86 % / 0,96	86 % / 0,98	86 % / 0,94	86 % / 0,94	85 % / 0,97	87 % / 0,97	87 % / 0,94	86 % / 0,95
Geräusch	0,5 Sone / 26,4 dBA	- <sup>2</sup>	0,3 Sone / 22,3 dBA	0,3 Sone / 23,8 dBA	0,7 Sone / 28,7 dBA	0,1 Sone / 19,4 dBA	- <sup>2</sup>	1,0 Sone / 32,0 dBA
<b>Messergebnisse bei Volllast</b>								
Wirk- / Scheinleistungsaufnahme	646,5 W / 662,1 VA	664,4 W / 673,7 VA	655,6 W / 677,0 VA	663,6 W / 688,7 VA	729,4 W / 740,1 VA	721,5 W / 729,8 VA	749,8 W / 776,3 VA	701,2 W / 724,4 VA
Wirkungsgrad / Leistungsfaktor	85 % / 0,98	81 % / 0,99	85 % / 0,97	84 % / 0,96	83 % / 0,99	83 % / 0,99	84 % / 0,97	85 % / 0,97
Geräusch	1,6 Sone / 35,9 dBA	1,2 Sone / 33,9 dBA	1,2 Sone / 32,6 dBA	2,7 Sone / 39,7 dBA	3,7 Sone / 43,6 dBA	0,7 Sone / 29,1 dBA	2,3 Sone / 38,5 dBA	2,2 Sone / 38,9 dBA
Stützzeit 5V / 12V	20 ms / 20 ms	21 ms / 23 ms	23 ms / 23 ms	22 ms / 22 ms	24 ms / 20 ms	26 ms / 28 ms	20 ms / 18 ms	22 ms / 21 ms
Burst-Verhalten 1 kV / 2 kV	✓ / ✓	✓ / ✓	✓ / B	✓ / ✓	✓ / ✓	✓ / ✓	✓ / ✓	✓ / ✓
Surge-Verhalten 1 kV / 2 kV	✓ / C	✓ / B	✓ / B	✓ / B	✓ / ✓	✓ / C	✓ / ✓	✓ / C
empf. Verkaufspreis (inkl. MwSt.)	97,50 €	71,30 €	90 €	80 €	k. A.	89 €	135 €	159 €
Straßenpreis ab	71 €	k. A.	76 €	k. A.	78 €	84 €	99 €	103 €
<b>Bewertung</b>								
Ausstattung	○	○	⊕	○	⊕	⊕	⊕	○
Standby-Effiz. (2,5 / 5 / 7,5 / 10W)	○ / ○ / ○ / ⊕	⊕ / ⊕ / ⊕ / ⊕	○ / ○ / ○ / ○	⊕ / ⊕ / ⊕ / ⊕	○ / ○ / ○ / ○	⊕ / ○ / ⊕ / ○	○ / ○ / ⊕ / ⊕	○ / ○ / ○ / ⊕
Effizienz bei 20 / 50 / 100 % Last	○ / ⊕ / ⊕	○ / ⊕ / ○	○ / ⊕ / ⊕	○ / ○ / ○	○ / ⊕ / ○	⊕ / ⊕ / ○	○ / ⊕ / ○	○ / ⊕ / ⊕
Störimmunität	○	○	○	○	⊕	⊕	⊕	○
Geräusch bei 20 / 50 / 100 % Last	⊕⊕ / ⊕⊕ / ○	⊕⊕ / ⊕⊕ / ⊕	⊕⊕ / ⊕⊕ / ⊕	⊕⊕ / ⊕⊕ / ⊕	⊕ / ⊕ / ⊕	⊕⊕ / ⊕⊕ / ⊕	⊕⊕ / ⊕⊕ / ○	⊕ / ⊕ / ○
Burst/Surge: A: Spannung fällt vorübergehend aus B: schaltet ab C: defekt <sup>1</sup> EPS-Stecker trennbar <sup>2</sup> unter Messgrenze (0,1 Sone / 17 dBA)								
⊕⊕ sehr gut ⊕ gut ○ zufriedenstellend ⊖ schlecht ⊖⊖ sehr schlecht ✓ vorhanden/bestanden - nicht vorhanden/nicht bestanden k. A. keine Angabe								

90 plus auf. Das SST-ST60EF von Silverstone schafft das sogar bei schwacher Last, krankt aber an einer etwas zu kurzen Stützzeit der 12-Volt-Schiene. Den Makel macht es indes durch überdurchschnittliche Immunität gegen andere Störungen wett.

Steht statt der Effizienz im normalen Betrieb die im Standby im Vordergrund, kann sich Seasonics M12-600 mit teils mehr als 75 Prozent vom restlichen Testfeld absetzen. So muss man kein schlechtes Gewissen haben, wenn man den PC für längere Zeit im Standby-to-RAM schlafen legt. Mit guten Noten für die Standby-Effizienz können sich auch die

Modelle von Arctic Cooling, Chieftec und Tagan schmücken.

Die meisten Netzteile belastigen den PC-Nutzer auch bei hoher Last nicht mit übermäßigem Lüfterrauschen. Einzig das SGE-550AUBA von Jou Jye röhrt in unserem Test mit über 5 Sone unter Volllast vor sich hin, selbst bei mittlerer Last waren es schon lästige 2,7 Sone. Lärmempfindliche Naturen werden eher ein Gerät wählen, das auch bei hoher Last unter 2 Sone liegt, müssen sich dann aber Gedanken um zusätzliche Gehäuselüfter machen, damit der PC keinen Hitzschlag erleidet. (ea)

**Literatur**

- [1] Ernst Ahlers: Kleinkraftwerke, 15 Netzteile für Rechner mit Doppelgrafik, c't 24/06, S. 188
- [2] Ernst Ahlers: Stromdiät, Effiziente Netzteile für sparsame PCs, c't 4/08, S. 96
- [3] Ernst Ahlers: Pulsmesser, Preisgünstige Leistungsmessgeräte, c't 24/08, S. 226
- [4] Peter König: Sparprogramm, Am Rechner Geldbeutel und Umwelt schonen, c't 4/08, S. 78
- [5] Christof Windeck: Spar-Tricks, Sparsame Hardware für Desktop-Rechner, c't 4/08, S. 90



GlacialPower	Jou Jye	NesteQ	Raptoxx	Seasonic	Seventeam	Silverpower	Silverstone	Tagan
GP-ALS50AA	SGE-550AUBA	ECS 6001	RT-600ABP-P	M12-600	V-Force Series 550W (ST-550P-AF)	Blue Lightning 600W (SP-600A2C)	Element Series 600W (SST-ST60EF)	SuperRock 600W (TG600-U33II)
www.glacialpower.com	www.jj-computer.com	www.nesteq.de	www.raptoxx.com	www.seasonic.com	www.seventeam.com.tw	-	www.silverstonetek.com	www.tagan.com
k. A.	Fröhlich+Walter	Alternate	Kosatec	Maxpoint	PC Cooling	Maxpoint	Caseking	Maxpoint
k. A.	www.f-u-w.de	www.alternate.de	www.kosatec.de	www.maxpoint.de	www.pc-cooling.de	www.maxpoint.de	www.caseking.de	www.maxpoint.de
- / ✓ <sup>1</sup> / 2	- / ✓ <sup>1</sup> / 2	✓ / ✓ / 2	✓ / ✓ / 2	✓ / ✓ / 0-2	- / ✓ <sup>1</sup> / 2	✓ / ✓ / 2	- / ✓ <sup>1</sup> / 4	- / ✓ <sup>1</sup> / 2
48 cm / - / 52 cm / 42 cm	55 cm / - / 57 cm / 58 cm	60 cm / 73 cm / 60 cm / 51 cm	44 cm / 59 cm / 45 cm / 44/58 cm	53 cm / 53 cm / 53 cm / 57 cm	60 cm / - / 61 cm / 61 cm	49 cm / 53 cm / 53 cm / 59 cm	54 cm / - / 55 cm / 55/70 cm	57 cm / - / 59 cm / 53/67 cm
1/6/6	1/5/6	0-4/0-6/0-6	1/4/6	0-2/0-10/0-8	2/6/6	2/6/6	1/6/6	1/6/6
- / -	- / -	✓ / Lüfterdrehzahlüberwachung	- / -	✓ / -	- / -	- / -	- / PCIe8 (56 cm)	- / -
25 A / 22 A / 3,0 A	24 A / 24 A / 2,5 A	24 A / 24 A / 3,0 A	25 A / 25 A / 2,5 A	24 A / 30 A / 3,0 A	25 A / 30 A / 2,5 A	24 A / 30 A / 2,5 A	30 A / 30 A / 3,0 A	24 A / 24 A / 2,5 A
2x18 A / 0,6 A	2x16+14+8 A / 0,5 A	4x16 A / 0,5 A	2x25 A / 0,3 A	4x18 A / 0,8 A	18+25 A / 0,8 A	2x22 A / 0,5 A	2x32 A / 0,5 A	2x30 A / 0,3 A
550 W / 150 W / 432 W / 550 W	550 W / 140 W / 490 W / 550 W	600 W / 140 W / 480 W / 600 W	600 W / 150 W / 504 W / 600 W	600 W / 170 W / 576 W / 575 W	550 W / 150 W / 516 W / 530 W	600 W / 150 W / 528 W / 585 W	600 W / 170 W / 576 W / 600 W	600 W / 140 W / 500 W / 575 W
100-240 V, 50-60 Hz / 140 mm	100-240 V, 50-60 Hz / 140 mm	100-240 V, 50-60 Hz / 160 mm	100-240 V, 50-60 Hz / 160 mm	100-240 V, 50-60 Hz / 160 mm	100-240 V, 50-60 Hz / 140 mm	100-240 V, 50-60 Hz / 140 mm	100-240 V, 50-60 Hz / 140 mm	115-240 V, 50-60 Hz / 140 mm
-	-	Kabelbinder, Steckerkappen	Kabelbinder, Putztuch	Kabelbinder, PCIe-Reservekabel	Klettbander	-	Kabelbinder, Klettbander	Kabelbinder
-	-	-	-	2 Lüfter	-	-	-	-
1,0 W	0,6 W	1,2 W	1,1 W	0,8 W	0,9 W	1,0 W	1,3 W	0,4 W
4,4 W / 7,9 W / 11,1 W / 14,5 W	4,4 W / 7,8 W / 11,1 W / 14,3 W	4,5 W / 7,7 W / 10,9 W / 14,3 W	4,6 W / 7,9 W / 11,2 W / 14,7 W	3,8 W / 6,7 W / 9,6 W / 12,7 W	4,0 W / 7,2 W / 10,1 W / 13,1 W	4,5 W / 7,7 W / 10,8 W / 13,9 W	4,8 W / 8,1 W / 11,5 W / 14,9 W	3,9 W / 7,3 W / 10,4 W / 13,8 W
59 % / 66 % / 69 % / 69 %	59 % / 65 % / 66 % / 66 %	58 % / 66 % / 70 % / 70 %	57 % / 66 % / 68 % / 68 %	65 % / 73 % / 76 % / 76 %	60 % / 66 % / 68 % / 69 %	56 % / 65 % / 69 % / 70 %	55 % / 65 % / 68 % / 69 %	66 % / 70 % / 73 % / 72 %
3,4 s	3,2 s	3,3 s	2,8 s	3,3 s	3,7 s	2,7 s	2,5 s	2,3 s
131,0 W / 150,0 VA	137,9 W / 151,9 VA	143,0 W / 158,6 VA	146,5 W / 156,9 VA	145,7 W / 152,4 VA	136,0 W / 145,7 VA	145,3 W / 166,2 VA	138,9 W / 153,5 VA	141,8 W / 168,3 VA
85 % / 0,87	81 % / 0,91	85 % / 0,90	83 % / 0,93	82 % / 0,96	82 % / 0,93	84 % / 0,87	87 % / 0,90	85 % / 0,84
0,6 Sone / 27,4 dBA	1,7 Sone / 34,8 dBA	- <sup>2</sup>	0,2 Sone / 21,8 dBA	- <sup>2</sup>	0,1 Sone / 18,9 dBA	1,1 Sone / 31,5 dBA	0,2 Sone / 21,0 dBA	0,6 Sone / 28,1 dBA
314,9 W / 334,3 VA	328,2 W / 342,8 VA	347,8 W / 365,1 VA	352,0 W / 362,7 VA	345,7 W / 352,4 VA	318,3 W / 329,9 VA	350,3 W / 380,1 VA	349,0 W / 363,0 VA	346,2 W / 380,6 VA
87 % / 0,94	84 % / 0,96	87 % / 0,95	87 % / 0,97	86 % / 0,98	87 % / 0,96	87 % / 0,92	87 % / 0,96	87 % / 0,91
0,7 Sone / 27,7 dBA	2,7 Sone / 39,8 dBA	- <sup>2</sup>	0,2 Sone / 21,7 dBA	- <sup>2</sup>	0,1 Sone / 19,0 dBA	1,0 Sone / 31,2 dBA	0,2 Sone / 21,1 dBA	0,6 Sone / 28,0 dBA
649,2 W / 672,3 VA	670,6 W / 685,7 VA	716,0 W / 726,4 VA	721,2 W / 732,9 VA	703,9 W / 712,2 VA	645,4 W / 653,9 VA	719,2 W / 769,3 VA	726,8 W / 735,8 VA	720,0 W / 766,4 VA
84 % / 0,97	82 % / 0,98	84 % / 0,99	84 % / 0,98	84 % / 0,99	85 % / 0,99	83 % / 0,93	83 % / 0,99	83 % / 0,94
2,2 Sone / 39,7 dBA	5,2 Sone / 47,8 dBA	0,4 Sone / 24,3 dBA	2,3 Sone / 38,5 dBA	0,9 Sone / 30,7 dBA	0,1 Sone / 19,5 dBA	2,1 Sone / 37,8 dBA	0,4 Sone / 25,0 dBA	1,9 Sone / 37,4 dBA
30 ms / 30 ms	20 ms / 21 ms	20 ms / 20 ms	16 ms / 17 ms	19 ms / 15 ms	17 ms / 16 ms	17 ms / 16 ms	26 ms / 14 ms	17 ms / 18 ms
✓ / B	✓ / ✓	✓ / -	✓ / ✓	✓ / ✓	✓ / ✓	✓ / ✓	✓ / ✓	✓ / B
✓ / C	✓ / ✓	C / -	✓ / B	✓ / ✓	✓ / ✓	✓ / C	✓ / ✓	✓ / B
k. A.	79 €	109 €	86 €	129 €	90 €	85 €	87 €	89 €
k. A.	k. A.	90 €	75 €	119 €	k. A.	67 €	85 €	68 €
○	○	⊕	○	⊕	○	○	⊕	○
○ / ○ / ○ / ○	○ / ○ / ○ / ○	○ / ○ / ⊕ / ⊕	○ / ○ / ○ / ○	⊕ / ⊕ / ⊕ / ⊕	○ / ○ / ○ / ○	○ / ○ / ○ / ⊕	○ / ○ / ○ / ○	⊕ / ⊕ / ⊕ / ⊕
⊕ / ⊕ / ○	○ / ○ / ○	⊕ / ⊕ / ○	○ / ⊕ / ○	○ / ⊕ / ○	○ / ⊕ / ⊕	○ / ⊕ / ○	⊕ / ⊕ / ○	⊕ / ⊕ / ○
⊕	⊕	⊕⊕	○	○	⊕	○	○	○
⊕ / ⊕ / ○	○ / ⊕ / ⊕⊕	⊕⊕ / ⊕⊕ / ⊕⊕	⊕⊕ / ⊕⊕ / ○	⊕⊕ / ⊕⊕ / ⊕	⊕⊕ / ⊕⊕ / ⊕⊕	⊕ / ⊕ / ○	⊕⊕ / ⊕⊕ / ⊕⊕	⊕ / ⊕ / ○