

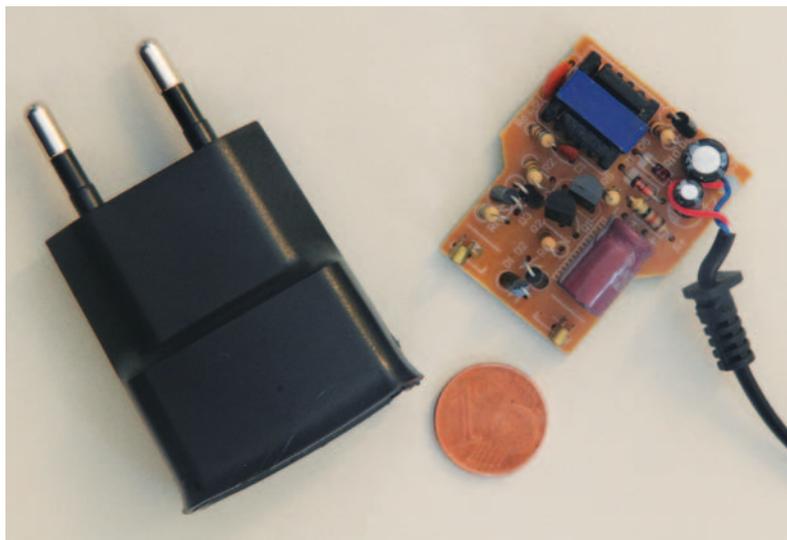
## ■ Kleine Bammeldinger

Steckernetzteile zum Laden von Handys werden immer kleiner. Möglich ist das, weil die Spannung bei hohen Frequenzen transformiert wird.

Mobiltelefone sind nur so mobil, wie es ihre Energieversorgung zulässt. Vielnutzer kommen nicht umhin, den Akku einmal am Tag aufzuladen. Das geschieht für gewöhnlich mit dem mitgelieferten Steckernetzteil, das inzwischen in vielen Haushalten zum allgegenwärtigen Gerät mutiert ist. Festplatten, Router, Spielekonsolen – alle haben ihr eigenes Steckernetzteil. Der Sciencefiction-Autor Douglas Adams mutmaßte einst, dass es nicht nur Druckerfirmen gibt, die vom Verkauf von Tonerkartuschen leben können, sondern auch Elektronikfirmen, die ihr Geschäft auf „kleinen Bammeldingern“ gründen – Steckernetzteile eben.<sup>1)</sup>

So wie ihre Verbreitung zugenommen hat, ist umgekehrt ihre Größe geschrumpft. Denn inzwischen sind Steckernetzteile bei manchen Handys so klein wie eine Streichholzschachtel und viel leichter als das Mobiltelefon selbst. Immer mehr hat man das Gefühl, dass nur noch die Größe des Eurosteckers der weiteren Schrumpfung im Wege steht. Vor gut zehn Jahren sah die Welt dagegen noch anders aus: Handy und Steckernetzteile waren gleich schwer, teils war das Steckernetzteil sogar deutlich schwerer. Doch die neue Leichtigkeit hat ihren Preis: Die Hersteller haben sich die Diät durch eine komplexere Elektronik erkaufft.

Ein klassisches Steckernetzteil besteht im Wesentlichen aus einem Transformator, einem Gleichrichter und Kondensatoren, um die gleichgerichtete Spannung anschließend zu glätten. Die netzseitige Wechselspannung wird gemäß dem Windungsverhältnis von Sekundär- zu Primärseite der Trafospulen auf die gewünschte Spannung des Handyakkus reduziert. Über Größe und Gewicht eines Steckernetzteils entscheidet der Transformator. Wie groß er sein muss, folgt aus der so genannten Transformatorhauptgleichung, die sich aus dem Induktionsgesetz ableiten lässt. Danach



Steckernetzteile sind dank ausgetüftelter Schaltungen bei manchen Handys so

klein wie eine Streichholzschachtel und viel leichter als das Mobiltelefon selbst.

ist die Spannung – und damit auch die Leistung – proportional zu der Querschnittsfläche und der maximalen magnetischen Flussdichte des Kerns sowie zu der Windungszahl und zu der Frequenz der Eingangswchselspannung.

Bei den meisten dieser Parameter hat ein Hersteller nur wenig Spielraum, wenn er das Netzteil verkleinern will. So muss die Windungszahl bei einem Transformator möglichst gering sein, da ansonsten zu hohe ohmsche Verluste („Kupferverluste“) zu Buche schlagen würden. Die magnetische Flussdichte wiederum ist durch die Materialeigenschaften des Kerns vorgegeben und für gegebene Spannungen nur in engen Grenzen zu variieren, wenn es zu keinen Kompromissen in der Qualität kommen soll. Als Kernmaterial finden heute hauptsächlich Ferrite Verwendung, die eine hohe Permeabilität bei gleichzeitig geringer elektrischer Leitfähigkeit aufweisen. Eine größere Querschnittsfläche liefe dem Ziel eines kleineren Steckernetzteils ebenfalls zuwider. Also bleibt dem Hersteller nur eine Möglichkeit: Er muss die Frequenz vor der Transformation der Spannung erhöhen.

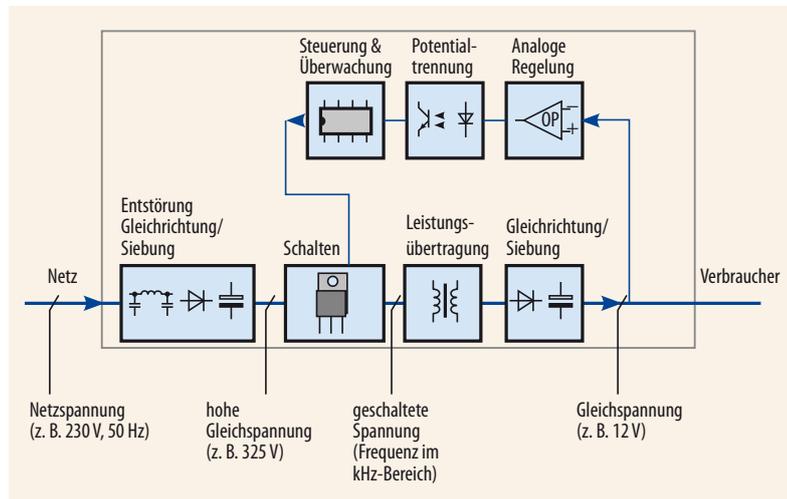
Dies geschieht über eine Gleichrichtung, nicht zuletzt weil dieses

Verfahren sehr kostengünstig umzusetzen ist: Eine aus vier Dioden aufgebaute Graetz-Schaltung wandelt die Wechselspannung in eine pulsierende Gleichspannung um (Abb. 1). Diese wird anschließend mit Hilfe von Kondensatoren geglättet. Um aus der Gleichspannung nun die gewünschte hochfrequente Wechselspannung zu erzeugen, ist ein Zehacker erforderlich. Technisch verwirklichen lässt er sich heute mit Hilfe eines Transistors, der durch sein Schaltverhalten die Gleichspannung in eine Wechselspannung aus kleinen unterschiedlich breiten Impulsen umsetzt. Die Schaltfrequenz des Transistors liegt dazu bei mindestens einigen Kilohertz – die gewünschte hohe Frequenz. Aus diesem Verfahren leitet sich der Begriff „Schaltnetzteil“ ab. Dank der hohen Frequenz der Wechselspannung, die ja nun um zwei Größenordnungen größer ist als die der Netzspannung, genügt nun ein ziemlich kleiner Transformator, um die erforderliche niedrige Spannung am Ausgang zu verwirklichen. Die transformierte Wechselspannung wird wiederum gleichgerichtet und geglättet, bevor sie dem Verbraucher zur Verfügung steht. Typisch bei Handyakkus ist eine Gleichspannung von 3,7 Volt.

1) D. Adams, Kleine Bammeldinger, in: Lachs im Zweifel, Heyne, München (2003), der engl. Originaltext findet sich auf [www.douglasadams.com/dna/980707-03-a.html](http://www.douglasadams.com/dna/980707-03-a.html)

Ein integrierter Regelkreis hält die Ausgangsspannung konstant: Er greift die Gleichspannung am Ausgang ab und steuert den Transistor so, dass die Spannung trotz wechselnder Netzeingangsspannung und Verbraucherlast in definierten Grenzen unverändert bleibt. Das ist nicht nur gut für die Langlebigkeit des angehängten Verbrauchers, also des Handyakkus, sondern erlaubt auch weltweit einheitliche Schaltnetzteile trotz unterschiedlicher Netzspannungen und Netzfrequenzen. Für einen Hersteller ist es von immensum finanziellen Vorteil, wenn er mit einem einzigen Steckernetzteil Netzspannungen zwischen 100 und 240 Volt und Netzfrequenzen zwischen 50 und 60 Hertz abdecken kann.

Schaltnetzteile haben noch weitere Vorteile im Vergleich zu Transformatornetzteilen. Zunächst ist das der hohe Wirkungsgrad von mehr als 90 Prozent, der auch bei kleiner Nennleistung oder wechselnder Verbraucherlast erreicht wird. Der hohe Wirkungsgrad ist eine Folge der geringeren ohmschen Verluste und Eisenverluste (durch Wirbelströme und Hysterese), denn sowohl das Volumen des Ferritkerns als auch das Kupfervolumen sind kleiner (Die Eisenverluste sind proportional zu Volumen und Masse). Die Materialkosten liegen für ein Schaltnetzteil ebenfalls deutlich niedriger, weil die elektronischen Bauelemente von Skaleneffekten in der Fertigung profitieren, während die Materialkosten für den Transformator trotz aller Mengeneffekte nicht so rasch sinken.



**Abb. 1** Wesentliche Einheiten eines Schaltnetzteils sind die Gleichrichtung/Siebung, das Schalten (Zerhacker) und die Leistungsübertragung (Transformator). Über einen Regelkreis lässt sich die Ausgangsspannung des Netzteils konstant halten, auch wenn netzseitig Spannungsschwankungen und verbraucher-

seitig Laständerungen auftreten. Sowohl das Netzteil als auch der Regelkreis sind meist galvanisch vom Stromnetz getrennt. Im Transformator erfolgt die Potentialtrennung induktiv, im Regelkreis durch einen Optokoppler (OP), da die Regelung nur Informationen an die Steuerung liefern muss.

Nachteilig sind die komplexeren Bauteile und die per se geringere elektromagnetische Verträglichkeit. Damit die höhere Komplexität nicht zu einer größeren Ausfallwahrscheinlichkeit führt, müssen die einzelnen Komponenten eine höhere intrinsische Zuverlässigkeit mitbringen, was kein prinzipielles Problem mehr ist, da ihre Fertigung hohe Qualitätsstandards erreicht. Die geringere elektromagnetische Verträglichkeit eines Schaltnetzteils im Vergleich zu einem klassischen Transformatornetzteil ist eine Folge der hohen Frequenzen sowie der Gleichrichtung und Glättung der Wechselspannung auf der Netzseite. Elektronische Filter können Abhilfe schaffen; das gilt auch für die uner-

wünschte netzseitige Einspeisung von Oberschwingungen.

Die große Herausforderung für die Entwickler besteht bei Steckernetzteilen darin, dass sie nur wenige Prozent der Endkosten des Gerätes ausmachen dürfen, das sie versorgen. Denn für einen Handyhersteller ist das Schaltnetzteil nur so etwas wie eine notwendige Infrastruktur – kein Kunde ist bereit, dafür erkennbar zusätzlich Geld zu bezahlen. Wie so oft in der Standardelektronik heißt es also auch für Steckernetzteile, einen Kompromiss zwischen Leistungsvermögen, Kosten und Qualität zu finden.

**Michael Vogel**