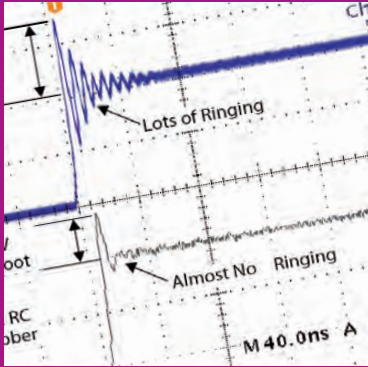
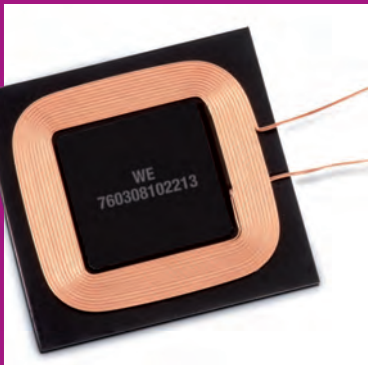


# e**lektor**business

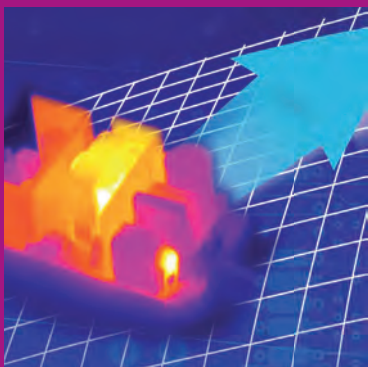
Erreicht mehr als 50.000 Entwickler zuhause



**Stabile Spannung**  
Designs für schnelle  
A/D-Wandler



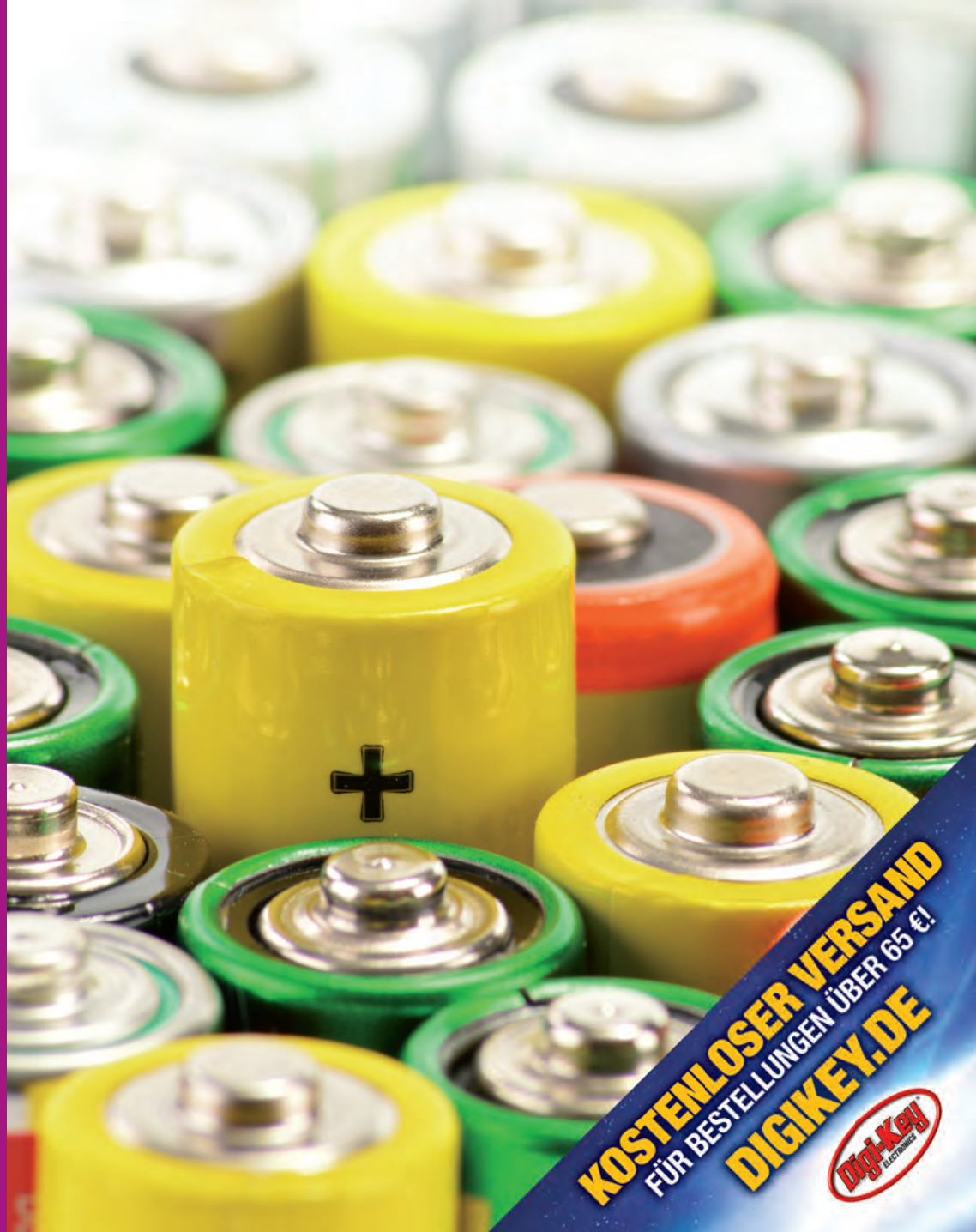
**Wireless Charging**  
Energieübertragung  
verbessern



**Thermisches Design**  
Schaltnetzteile  
optimieren

## Stromversorgung

Technologie • Entwicklung • Neuheiten



**KOSTENLOSER VERSAND**  
FÜR BESTELLUNGEN ÜBER 65 €!  
**DIGIKEY.DE**





Die weltweit grösste Auswahl an elektronischen Komponenten für die sofortige Lieferung!

# Wir sind die Quelle für den INHALT IHRES ENTWURFS



**KOSTENLOSER  
VERSAND**

FÜR BESTELLUNGEN  
ÜBER 65 €!



TELEFON: 0800 180 01 25

**DIGIKEY.DE**

**Digi-Key**<sup>®</sup>  
ELECTRONICS

ÜBER 1.000.000 PRODUKTE AUF LAGER | ÜBER 650 BRANCHENFÜHRENDE ANBIETER | 100% AUTHORIZIERTER DISTRIBUTOR

\*Für alle Bestellungen unter 65,00 € wird eine Versandgebühr von 18,00 € erhoben. Alle Bestellungen die mit UPS versandt werden, haben eine Lieferzeit von 1-3 Tagen (abhängig vom Endbestimmungsort). Keine Bearbeitungsgebühren. Alle Preise verstehen sich in Euro und enthalten Zollgebühren. Bei einem zu großen Gewicht oder bei unvorhergesehenen Umständen, die eine Abweichung von diesem Tarif erfordern, werden Kunden vor dem Versand der Bestellung kontaktiert. Digi-Key ist ein autorisierter Distributor für alle Lieferpartner. Neue Produkte werden täglich hinzugefügt. © 2015 Digi-Key Electronics, 701 Brooks Ave. South, Thief River Falls, MN 56701, USA

ecda  
MEMBER

ecsn  
member

CEDM  
MEMBER



# Vorwort

Werter Kollege,

wer kniet mit nieder, dieses Glück zu preisen: In diesem Heft findest Du einen Beitrag über Wireless Charging, der Deine Frage „Kann das – mit einem einigermaßen annehmbaren Wirkungsgrad und hinnehmbaren Störungen – überhaupt sinnvoll funktionieren?“ hinreichend beantwortet. Die Fragestellung ist zweifelsohne Ergebnis Deiner tiefen Kenntnis über harte und weiche Ferrite bei Audioübertragern in Röhrenendstufen und des daraus resultierenden Fachwissens über magnetische Leistungsübertragung („...aber ohne Kern?“).

Lieber Kollege, auf Seite 10 steht, dass es kann und auch warum.

Liebe Leser,

diese Hausmitteilung musste sein, weil es nur selten ein derartiges Aufeinandertreffen von Aktion und Reaktion gibt. Kaum sprachen wir im Kollegenkreis über die so gar nicht trivialen Details der drahtlosen Energieübertragung, schon bot dieses Heft die Gelegenheit, sich mit diesem Thema journalistisch auseinander zu setzen. Und ich kann Ihnen versichern, dass es sich dabei um einen ausgesprochen lesenswerten Beitrag handelt.

Ein weiteres Highlight ist der Artikel aus dem Hause Texas Instruments (Seite 4), der darauf abzielt, dass Hochgeschwindigkeits-A/D-Wandler auch per DC/DC-Wandler versorgt werden können, ohne dabei die Nutzsignale in Störungen zu ertränken.

Bei den neuen Verfahren zur Ladezustandsüberwachung, die in einem Beitrag von Varta (Seite 14) thematisiert werden, geht es nicht nur um die allgegenwärtigen *Ladebalken* des Smartphones sondern auch um essentielle Anwendungen - wie die, Systeme mit sicheren Abschaltverfahren auszustatten.

Last but not least gibt der Artikel *Bis zum letzten Watt* am Beispiel eines realen Produktes Einblicke in die Lade- und Entlade-Technik von Sekundär-Batterien, die über das reine *Befüllen und Leeren* hinausgehen.

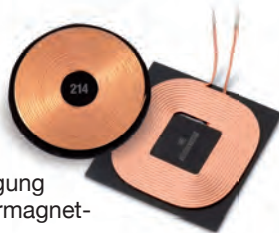
Ihr  
Rolf Hähle  
Chefredakteur



## Inhalt

### 4 Power für Sensible

Stromversorgungs-Design für schnelle A/D-Wandler



### 10 Energie kanalisieren

Wireless Charging: Energieübertragung verbessern und unerwünschte Störmagnetkopplungen vermeiden

### 14 Überwachung erwünscht

Neue Verfahren zur Ladezustandsüberwachung von Akkus



### 18 keep cool

Worauf beim thermischen Design von Schaltnetzteilen zu achten ist

### 22 Bis zum letzten Watt

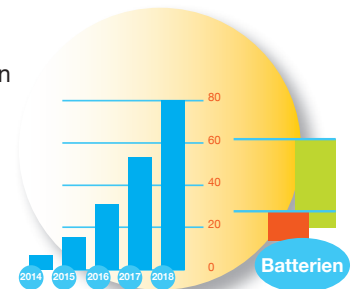
Höhere Lebensdauer von Batteriesystemen durch aktives induktives Balancing

### 25 Talking Heads

Drei Power-Spezialisten geben Auskunft

### 26 Infografiken

Fakten und Zahlen auf einen Blick



### 28 News

### 34 Anzeigenverzeichnis/Impressum

# Power für Sensible

## Stromversorgungs-Design für schnelle A/D-Wandler

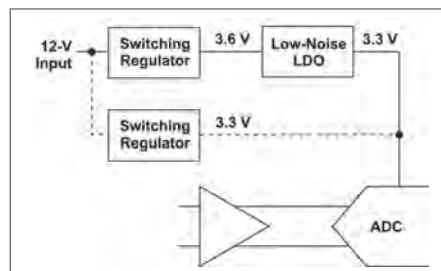
Autor: Thomas Neu, Texas Instruments



© Olivier Le Moal, fotolia.com

**Systemdesigner werden zunehmend mit der Herausforderung konfrontiert, in ihren Designs möglichst sparsam mit der Energie umzugehen, ohne dass dadurch die Leistungsfähigkeit von Systemkomponenten – wie zum Beispiel die der schnellen Datenwandler – beeinträchtigt wird. Eine Möglichkeit, die Verlustleistung eines Systems entscheidend zu mindern, ist das Optimieren der Stromversorgung für die Datenwandler. Jüngste Fortschritte im Bereich des Datenwandler-Designs und der Prozesstechnologie ermöglichen bei neueren A/D-Wandlern den Betrieb direkt an einem Schaltnetzteil, um ein Maximum an Energieeffizienz zu erzielen.**

In der Vergangenheit war es üblich, rauscharme Low-Drop-Out-Linearregler (LDOs) zwischen den Schaltregler und den ADC zu schalten, um das Ausgangsrauschen und durch die Schaltfrequenz bedingte Störsignale zu entfernen (Bild 1). Ein solches rauschfreies Stromversorgungs-Design muss allerdings mit einer höheren Leistungsaufnahme erkaufte werden, denn der LDO benötigt eine größere Spannungsreserve, um einwandfrei funktionieren zu können. Die minimale Dropout-Spannung beträgt typisch 200 bis 500 mV. Sie kann in einigen Systemen jedoch auch 1 bis 2 V betragen, wenn beispielsweise eine Versorgungsspannung von 3,3 V für einen ADC mithilfe eines LDOs aus einem Schaltnetzteil mit 5 V Ausgangsspannung bezogen werden soll.



**Bild 1.** Übergang von einer traditionellen Stromversorgung auf eine Versorgung mit maximalem Wirkungsgrad

Im Fall eines Datenwandlers, der eine Versorgungsspannung von 3,3 V benötigt, erhöht sich die Leistungsaufnahme des A/D-Wandlers um etwa 10 %, wenn die Dropout-Spannung des LDOs 300 mV beträgt. Dieser Effekt verstärkt sich noch bei Datenwandlern,

die auf kleineren Prozessgeometrien beruhen und deren Versorgungsspannung geringer ist. Bei 1,8 V zum Beispiel hebt die gleiche Dropout-Spannung von 300 mV die Verlustleistung des A/D-Wandlers um etwa 17 % an (300 mV/1,8 V). Dies macht klar, weshalb der Verzicht auf den rauscharmen LDO in dieser Kette die Verlustleistung so deutlich reduzieren kann. Abgesehen davon verringern sich durch den wegfallenden LDO natürlich auch die Leiterplattenfläche, die Wärmeentwicklung und die Kosten des Designs.

Dieser Artikel demonstriert, dass schnelle A/D-Wandler von Texas Instruments (TI), darunter auch äußerst leistungsfähige 16-Bit-A/D-Wandler, direkt aus einem Schaltregler gespeist werden können, ohne dass sich die Leistungsfähigkeit des A/D-Wandlers spürbar verschlechtert. Für diese Demonstration wurden zwei unterschiedliche Datenwandler auf ihre Empfindlichkeit gegenüber Störungen aus der Stromversorgung untersucht. Dabei handelte es sich einerseits um den ADS5483, der auf einer BiCOM-Technologie basiert, und andererseits um den ADS6148 auf der Grundlage von Low-Power-CMOS-Technologie. Die Ergebnisse dieser Untersuchung werden in diesem Beitrag ebenfalls präsentiert.

### Der ADS5483 auf Basis der BiCOM-Technologie

Die BiCOM-Technologie ermöglicht einen großen Signal-Rauschabstand (Signal-to-Noise Ratio - SNR) sowie einen großen störungsfreien Dynamikbereich (Spurious-Free Dynamic Range - SFDR) und das über einen weiten Bereich von Eingangsfrequenzen hinweg. BiCOM-Wandler verfügen in der Regel über eine Menge chipintegrierter Entkopplungs-Kondensatoren und bieten eine recht gute Versorgungsspannungs-Unterdrückung (Power-Supply-Rejection Ratio - PSRR). Die Untersuchung der Versorgungsspannungseigenschaften erfolgte mit dem zum ADS5483 gehörenden Evalu-

ation-Module-ADS5483EVM. Dieses besitzt eine eingebaute Stromversorgung, die mit dem Schaltregler TPS5420 von TI und einem rauscharmen LDO des Typs TPS79501 von TI bestückt ist. Zusätzlich besteht die Option zur Versorgung mit einem externen Labornetzteil. Mit den in Bild 2 gezeigten Beschaltungs-Varianten wurden fünf Versuche zur Klärung der Frage durchgeführt, wie sich die Leistungsfähigkeit des ADS5483 verschlechtert, wenn die Versorgung direkt aus einem Schaltregler erfolgt. Da die analoge 5-V-Versorgung des ADS5483 die bei weitem größte

Empfindlichkeit gegenüber Störgrößen aus der Stromversorgung an den Tag legte, wurden Störgrößen auf den 3,3-V-Versorgungen bei dieser Untersuchung unberücksichtigt gelassen. Das wird durch die Angabe des PSRR-Werts im Datenblatt des ADS5483 gestützt, denn der PSRR-Wert für die beiden 3,3-V-Versorgungen ist um mindestens 20 dB größer als derjenige für die analoge 5-V-Versorgung.

Die fünf Experimente wurden mit den folgenden Konfigurationen durchgeführt:

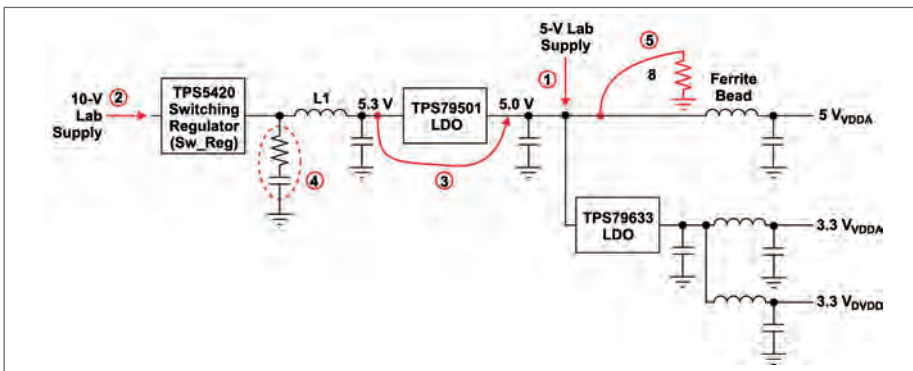


Bild 2. Stromversorgungs-Beschaltung für die fünf Versuche mit dem ADS5483EVM

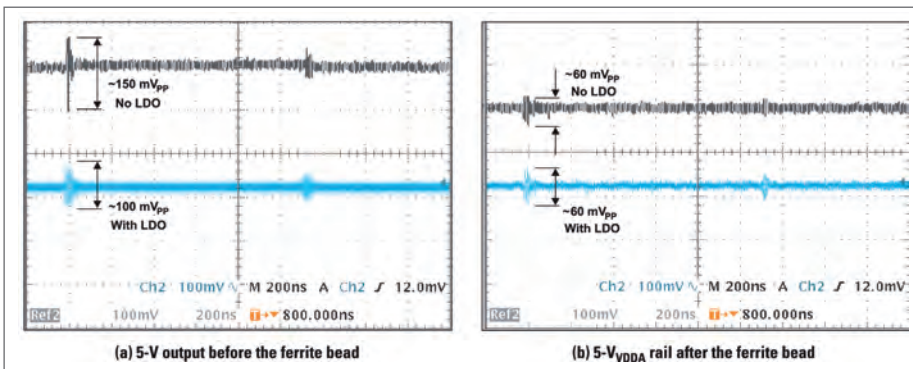


Bild 3. Oszillogramme zum Vergleich zwischen Experiment 2 (mit LDO) und Experiment 3 (ohne LDO) a) 5-V-Ausgang vor der Ferritperle b) 5 V\_VDDA-Ausgang nach der Ferritperle

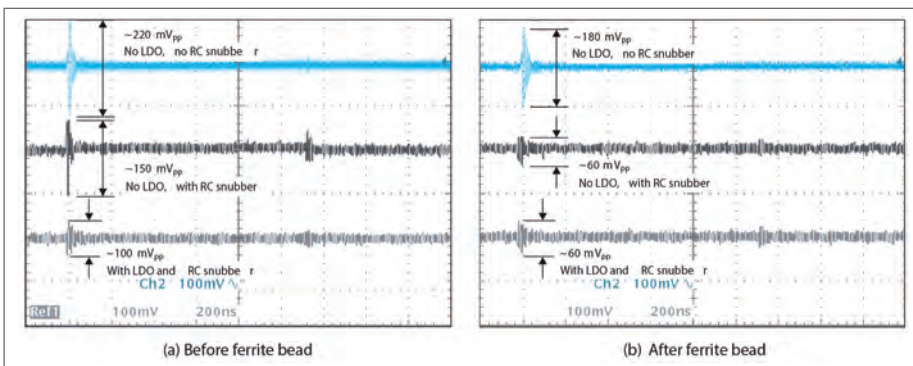


Bild 4. Stromversorgungs-Rauschen an 5 V\_VDDA a) Vor der Ferritperle b) Nach der Ferritperle

**Experiment 1:** Ein 5-V-Labornetzteil wurde unter Umgehung des Schaltreglers TPS5420 und des rauscharmen LDO TPS79501 direkt an den analogen 5-V-Eingang angeschlossen. Ein auf der Leiterplatte vorhandener LDO (TPS79633 von TI) wurde verwendet, um die 3,3 V für die weniger empfindlichen analogen und digitalen 3,3-V-Eingänge des ADS5483 zu erzeugen.

**Experiment 2:** Ein 10-V-Labornetzteil wurde an den Abwärts-Regler TPS5420 angeschlossen, der für eine Ausgangsspannung von 5,3 V konfiguriert wurde. Dies räumte dem TPS79501 eine Drop-out-Spannung von 300 mV ein für eine Ausgangsspannung von 5 V.

**Experiment 3:** Der TPS5420 wurde für die Erzeugung einer Ausgangsspannung von 5 V aus einer Eingangsspannung von 10 V (bereitgestellt von einem Labornetzteil) konfiguriert. Der rauscharme LDO TPS79501 wurde in diesem Versuch umgangen. Bild 3a zeigt, dass es dem wie in Experiment 2 beschalteten LDO gut gelingt, das Störsignal am 5,3-V-Ausgang des Schaltreglers zu entfernen. Allerdings lässt Bild 3b keinen nennenswerten Unterschied am Ausgang nach der Ferritperle an 5 V\_VDDA erkennen.

**Experiment 4:** Dieser Versuch wurde exakt wie in Experiment 3 durchgeführt, allerdings mit dem Unterschied, dass die RC-Snubberschaltung am Ausgang des TPS5420 entfernt wurde, was verstärktes Schwingen und größere Störsignale mit der Schaltfrequenz zur Folge hatte.

**Experiment 5:** Ein 8-Ω-Leistungswiderstand wurde an die 5-V-Versorgung angeschlossen, um eine zusätzliche Last wie beispielsweise ein FPGA zu simulieren. Der TPS5420 musste deshalb einen höheren Ausgangsstrom liefern und seine internen Schalter härter ansteuern, sodass am Ausgang höhere Spannungsspitzen zu beobachten waren. Diese Konfiguration wurde durch Wiederholen der Experimente 1, 2 und 3 überprüft.



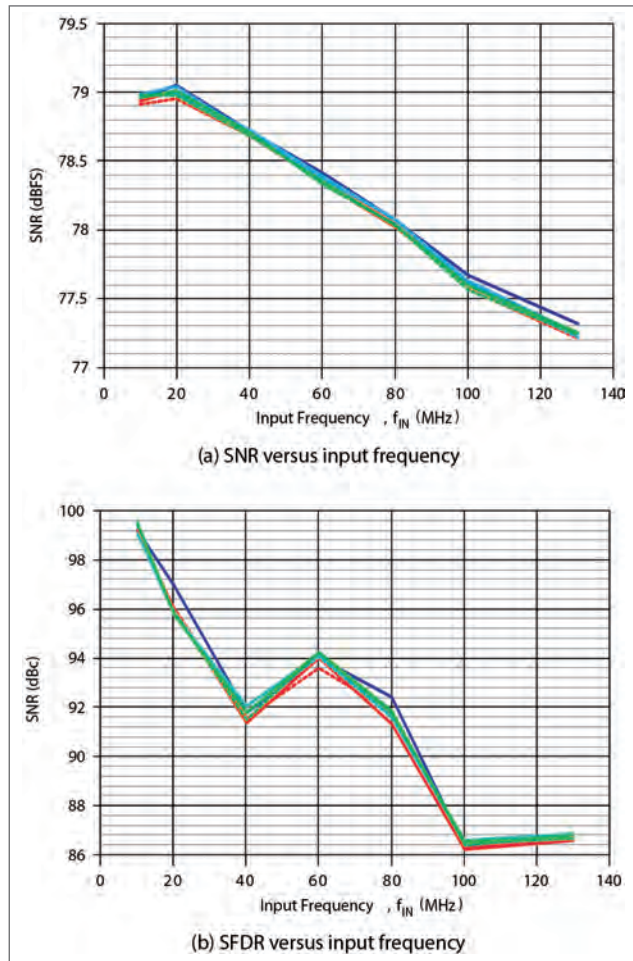
Die Auswirkungen der RC-Snubberschaltung sind in Bild 4 klar zu erkennen. Während das Entfernen des LDOs im Anschluss an die Ferritperle keine spürbare Änderung bewirkte, sorgte der Verzicht auf die RC-Snubberschaltung für eine größere Spannungsspitze auf der zum A/D-Wandler führenden rauscharmen 5 V<sub>VDDA</sub>-Leitung. Die Auswirkungen der RC-Snubberschaltung werden weiter unten genauer untersucht.

Auf der Basis einer Abtastrate von 135 MSPS zeigt Bild 5 die Frequenzdurchläufe für SNR und SFDR. Die maximale Änderung des SNR im Frequenzbereich von 10 bis 130 MHz belief sich auf etwa 0,1 dB. Auch die SFDR-Resultate wiesen nur geringe Abweichungen auf. Bei einigen Eingangsfrequenzen (z. B. 80 MHz) war eine Verschlechterung um 1 bis 2 dB zu beobachten.

Ein Vergleich der FFT-Diagramme für die fünf Experimente (Bild 6) zeigt, dass sich weder das Grundrauschen noch die Amplituden der Störsignale nennenswert erhöhten. Wurde der LDO zur Entfernung der Schaltstörungen benutzt, stellte sich das Ausgangsspektrum nahezu identisch dar wie im Fall des rauscharmen 5-V-Labornetzteils. Nach Entfernen des LDOs waren zwei Störsignale aus dem Schaltregler zu sehen, deren Frequenz gegenüber der 10 MHz betragenden Eingangsfrequenz um etwa 500 kHz versetzt war. Die RC-Snubberschaltung reduzierte die Amplitude dieser Störsignale um ungefähr 3 dB, nämlich von etwa -108 dBc auf rund -111 dBc. Dies ist etwas weniger als die durchschnittliche Amplitude im Fall des ADS5483 und macht deutlich, dass der ADS5483 direkt aus einem Schaltregler gespeist werden kann, ohne die SNR- oder SFDR-Werte zu beeinträchtigen.

**Messergebnisse**

Die fünf Versuche wurden mit einem Frequenzdurchlauf des Eingangssignals miteinander verglichen. Das Experiment wurde mit drei ADS5483EVM durchgeführt, deren Abtastrate zunächst auf 135 MSPS und anschließend auf 80 MSPS eingestellt war. Es konnten keine signifikanten Performance-Unterschiede festgestellt werden.



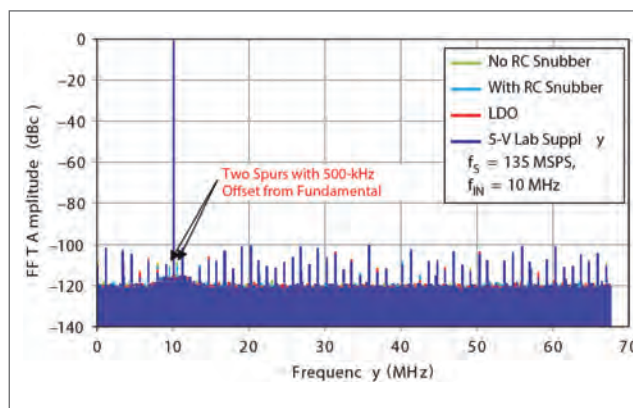
Experiment Number and Conditions

- #1: 5-V Lab Supply ⇒ LDOs
- #2: 10-V Lab ⇒ Sw\_Reg ⇒ Snubber ⇒ LDOs
- #5: Same as #2 with 8-Ω Load
- #3: 10-V Lab ⇒ Sw\_Reg ⇒ Snubber (No LDOs)
- #5: Same as #3 with 8-Ω Load
- #4: 10-V Lab ⇒ Sw\_Reg (No Snubber, No LDOs)
- #5: Same as #4 with Load

Sampling Rate,  $f_s = 135$  MSPS

**Bild 5.** Eingangsfrequenz-Durchläufe von 10 bis 130 MHz.

- a) SNR als Funktion der Eingangsfrequenz
- b) SFDR als Funktion der Eingangsfrequenz



**Bild 6.** FFT-Diagramm über 65K Punkte mit um 500 kHz gegenüber der Grundfrequenz versetzten Störsignalen.

**Die RC-Snubberschaltung**

Der Ausgang eines Buck-Wandlers kann recht hohe Spannungen mit ziemlich hoher Geschwindigkeit schalten. Bei den Untersuchungen, die für diesen Artikel angestellt wurden, war die Eingangsspannung für den TPS5420 auf 10 V eingestellt. Dabei ließ sich am Ausgang ein gewisses Maß an Überschwingern und Oszillationen beobachten

(Bild 7a). Um einen Teil der Energie aus der Reaktanz der Leistungsschaltung zu absorbieren, wurde die in Bild 7b gezeigte RC-Snubberschaltung am Ausgang des TPS5420 hinzugefügt. Diese Schaltung schafft für hochfrequente Signalkomponenten einen Weg zur Masse und dämpft dadurch die Überschwinger etwas. Bild 7a verdeutlicht, dass die RC-Snubberschaltung die Überschwinger um etwa 50 % verringert und die Oszillationen

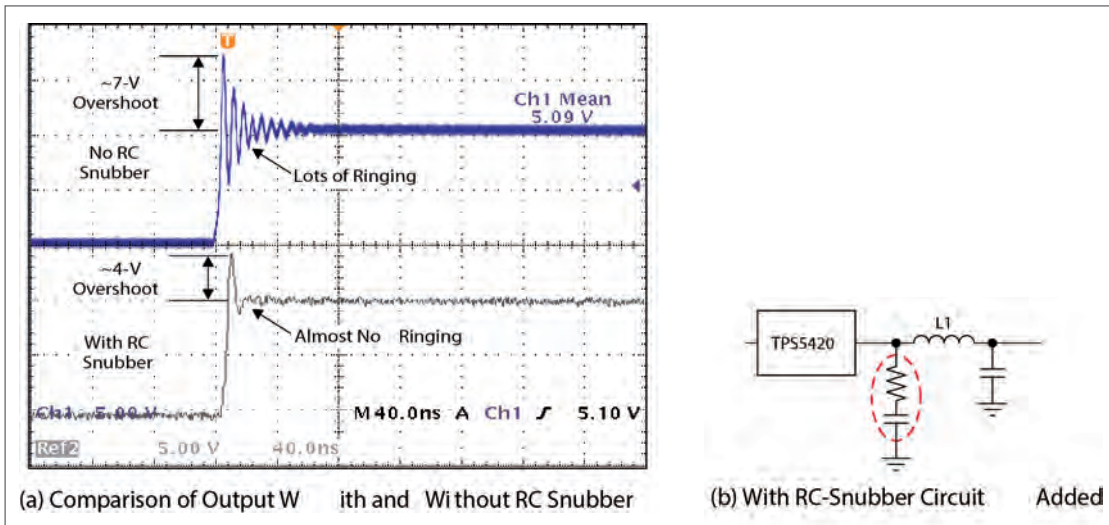


Bild 7.

Schaltregler TPS5420.

a) Gegenüberstellung des Ausgangssignals mit und ohne Snubberschaltung.

b) Mit zusätzlicher Snubberschaltung.

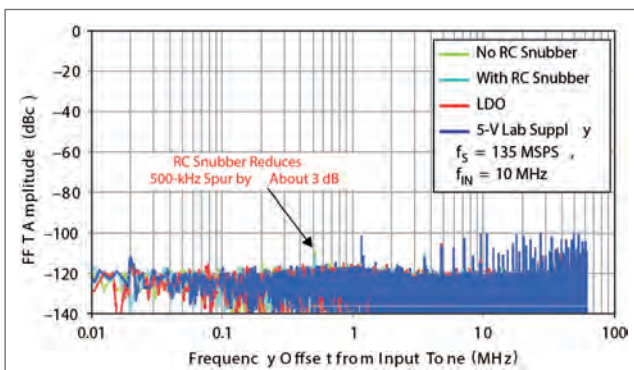


Bild 8.

Normalisierte FFT-Diagramme für die Experimente 1 bis 4

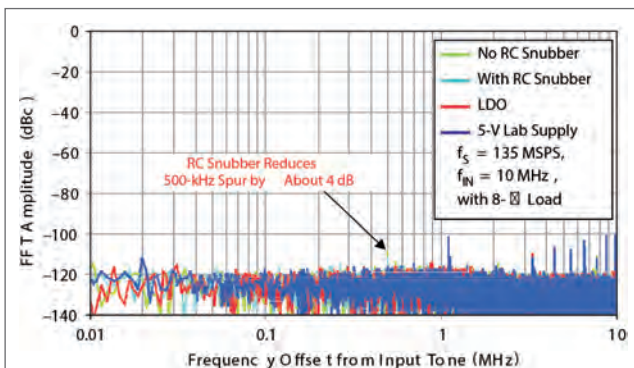


Bild 9.

Normalisierte FFT-Diagramme mit zusätzlichem 8- $\Omega$ -Lastwiderstand

nahezu vollständig entfernt. Für die Snubberschaltung wurden Werte von  $R = 2,2 \Omega$  und  $C = 470 \text{ pF}$  gewählt. Da die Schaltfrequenz des Reglers je nach Hersteller zwischen 500 kHz und etwa 6 MHz liegen kann, müssen die R- und C-Werte möglicherweise etwas angepasst werden. Nachteilig an dieser Lösung ist eine gewisse zusätzliche AC-Verlustleistung im Shunt-Widerstand (auch wenn dessen Wert sehr gering ist). Allerdings reduziert sich die Gesamt-Energieeffizienz des Reglers hierdurch nur um weniger als 1 %.

Auf das Eingangssignal von 10 MHz normalisierte FFT-Diagramme wurden erstellt, um die Resultate der Experimente 1 bis 4 miteinander zu vergleichen. Das Störsignal aus dem TPS5420 ist bei einem Offset von etwa 500 kHz klar zu sehen. Die Snubberschaltung reduziert die Amplitude dieses Signals um etwa 3 dB, und der rauscharme LDO entfernt sie vollständig. Es ist wichtig darauf hinzuweisen, dass die Amplitude des Störsignals mit der RC-Snubberschaltung (und ohne den LDO) etwa -112 dBc beträgt

und damit weit unter der Amplitude im Fall des ADS5483 liegt. Die SFDR-Eigenschaften werden also nicht beeinträchtigt.

In Experiment 5 wurde ein zusätzlicher Leistungswiderstand von  $8 \Omega$  an die  $5\text{-V}_{\text{VDDA}}$ -Leitung angeschlossen, um eine große Last zu simulieren. Die normalisierten FFT-Diagramme ändern sich allerdings nur wenig (Bild 9). Entfernt man die RC-Snubberschaltung, wird das Störsignal um etwa 4,5 dB größer, es bleibt aber dennoch weit unterhalb der durchschnittlichen Amplitude.

## CMOS-Technologie – Der ADS6148

Wenn es vorrangig darum geht, die Leistungsaufnahme möglichst weit zu reduzieren und dennoch gute SNR- und SFDR-Werte zu behalten, werden schnelle Datenwandler in der Regel auf der Basis von CMOS-Technologie entwickelt. Allerdings ist der PSRR-Wert von CMOS-Wandlern meist nicht so gut wie der von BiCOM-ADCs. Das Datenblatt des ADS6148 weist einen PSRR-Wert von 25 dB aus, während der entsprechende Wert des ADS5483 mit 60 dB angegeben ist (für die analoge Stromversorgung).

Das ADS6148EVM verfügt über eine eingebaute Stromversorgung mit Schaltregler (TPS5420) und einem rauscharmen LDO mit 5-V-Ausgang (TPS79501), gefolgt von rauscharmen LDOs für die 3,3-V- und 1,8-V-Versorgung (Bild 10). Ähnlich den fünf Experimenten, die mit dem ADS5483EVM



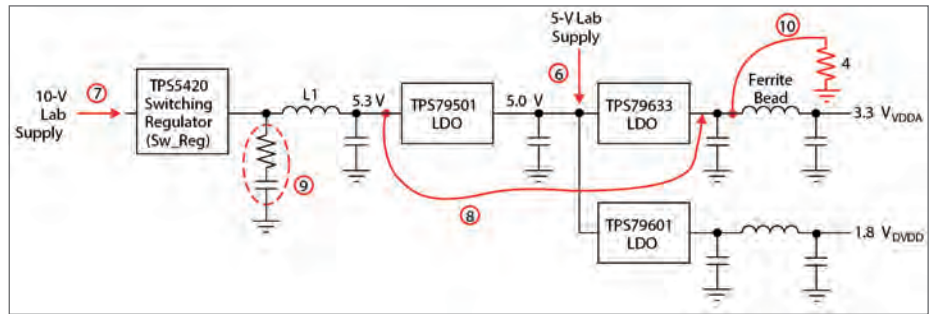
**Experiment 6:** Ein 5-V-Labornetzteil wurde an den Eingang zweier rauscharmer LDOs angeschlossen, davon einer mit 3,3 V Ausgangsspannung, der andere mit 1,8 V Ausgangsspannung. Die LDOs verursachten kein signifikantes zusätzliches Rauschen auf der Ausgangsspannung des Labornetzteils.

**Experiment 7:** Ein Labornetzteil mit 10 V Ausgangsspannung wurde an einen Buck-Regler des Typs TPS5420 angeschlossen, der wie in Experiment 2 mit dem ADS5483 auf eine Ausgangsspannung von 5,3 V eingestellt war. Der TPS79501 erzeugte eine gefilterte Ausgangsspannung von 5,0 V, mit dem - wie in Bild 10 gezeigt - die LDOs für die Ausgangsspannungen von 3,3 V und 1,8 V gespeist wurden.

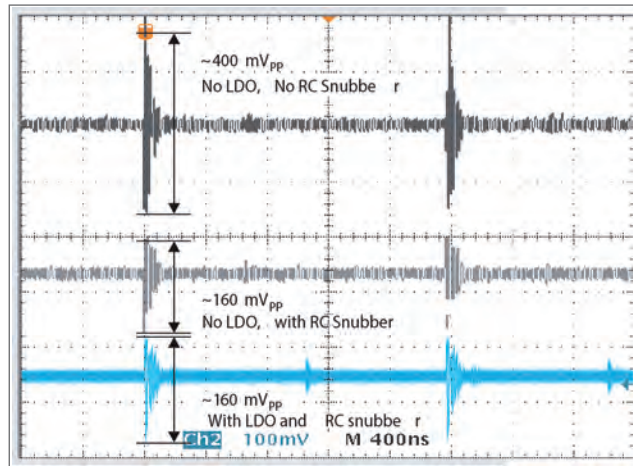
**Experiment 8:** Alle LDOs für die 3,3-V<sub>VDDA</sub>-Leitung wurden umgangen. Der TPS5420 war für eine Ausgangsspannung von 3,3 V konfiguriert und direkt an die 3,3-V<sub>VDDA</sub>-Leitung angeschlossen. Der TPS79601, der die Spannung für die 1,8-V<sub>DVDD</sub>-Leitung erzeugte, wurde von einer externen 5-V-Versorgung gespeist.

**Experiment 9:** Dieses Experiment wurde auf die gleiche Weise durchgeführt wie Experiment 8, mit der einzigen Ausnahme, dass die RC-Snubberschaltung am Ausgang des TPS5420 entfernt wurde.

**Experiment 10:** Ein 4-Ω-Leistungswiderstand wurde an den 3,3-V-Ausgang des TPS5420 angeschlossen, um dessen Ausgangsstrom drastisch zu erhöhen und eine zusätzliche Last zu simulieren. Hierdurch wurden außerdem höhere Schaltspitzen und stärkere Oszillationen hervorgerufen (wie in Experiment 5 mit dem ADS5483). Bild 11 zeigt einige der Kurven für den 3,3-V<sub>VDDA</sub>-Ausgang in den Experimenten 7, 8, und 9. Die Amplitude der Störsignale wird nur wenig davon beeinflusst, ob LDOs vorhanden sind oder nicht. Die RC-Snubberschaltung aber verringert die Störsignale um 60 %.



**Bild 10.** Anordnung der Stromversorgung für die fünf Experimente mit dem ADS6148EVM.



**Bild 11.** Oszillogramme zu den Experimenten an der 3,3-V<sub>VDDA</sub>-Leitung (gemessen nach der Ferritperle)

angestellt wurden, wurden die folgenden fünf weiteren Versuche mit dem ADS6148EVM vorgenommen, wobei der Blick ausschließlich auf das Rauschen auf der 3,3-V-Leitung gerichtet wurde. Versuche mit einem externen TPS5420 an der 1,8-V<sub>DVDD</sub>-Leitung zeigten, dass die Auswirkungen auf die SNR- und SFDR-Werte vernachlässigbar waren.

### Ergebnisse der Experimente

Die Empfindlichkeit des ADS6148 gegenüber Rauschen auf der Stromversorgung wurde untersucht, indem die Experimente 6 bis 10 mit einem Frequenzdurchlauf des Eingangssignals durchgeführt wurden. Die Versuche wurden an drei ADS6148EVM vorgenommen, deren Abtastrate ( $f_s$ ) zunächst auf 135 MSPS und danach auf 210 MSPS eingestellt wurde. Hierbei konnten keine nennenswerten Performance-Unterschiede festgestellt werden.

In Bild 12 sind die Frequenzdurchläufe für SNR und SFDR bei einer Abtastrate

von 135 MSPS dargestellt. Die maximale Änderung des SNR bei Eingangsfrequenzen bis 300 MHz betrug zwischen 0,1 dB und 0,2 dB. Sobald allerdings die RC-Snubberschaltung entfernt wurde, erhöhte sich das Rauschen deutlich und der SNR ging um 0,5 dB bis 1 dB zurück.

Bild 12 zeigt die Änderung des SFDR-Werts über die Eingangsfrequenz für die fünf Versuche mit dem ADS6148. Hier ist keine signifikante Verschlechterung zu beobachten.

Ein Vergleich der FFT-Diagramme in Bild 13 macht deutlich, weshalb sich der SNR ohne die RC-Snubberschaltung etwas verschlechtert. Nach dem Entfernen der Snubberschaltung waren im Ausgangsspektrum des ADS6148 mehrere kleine Störsignale in Abständen von ungefähr 500 kHz (der Schaltfrequenz des TPS5420) zu sehen. Diese kleinen Signale waren dominanter und beeinträchtigten den SNR stärker als im Fall des ADS5483, weil der PSRR-Wert des ADS6148 prinzipbedingt geringer ist.



Allerdings zeigen die FFT-Diagramme in Bild 13 ebenfalls, dass die zusätzliche RC-Snubberschaltung diesen Mangel sehr gut ausgleicht.

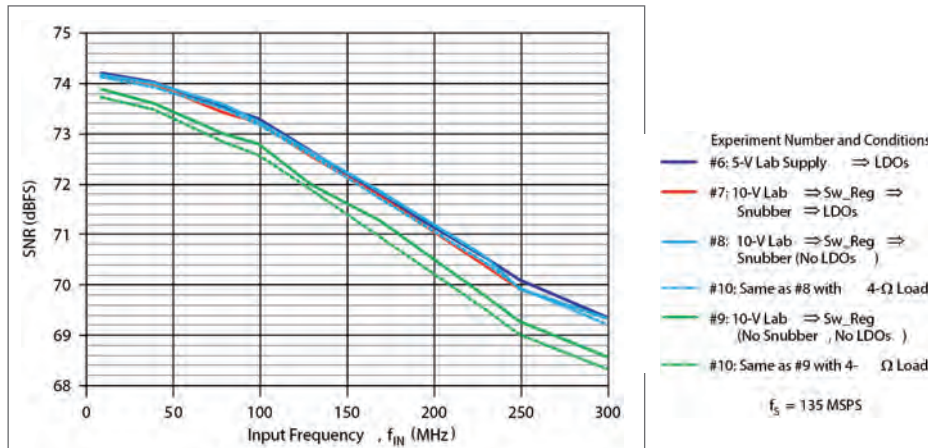
Den normalisierten FFT-Diagrammen in Bild 14 ist zu entnehmen, dass die vom Schaltregler hervorgerufenen Störsignale um etwa 5 bis 6 dB höher sind als das durchschnittliche Eigenrauschen des ADC. Während sie zu gering waren, um eine Verschlechterung des SFDR-Werts zu bewirken, hatten sie dennoch zweifellos Auswirkungen auf den SNR-Wert des ADC.

**Erkenntnisse**

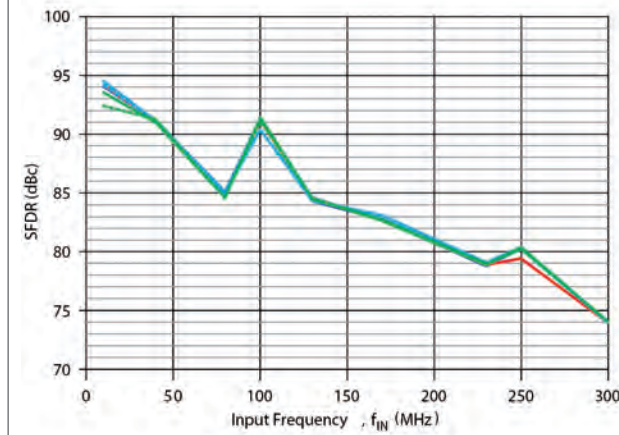
Die für diesen Beitrag angestellten Versuche haben gezeigt, dass es möglich ist, Datenwandler auf der Basis leistungsfähiger BiCOM-Technologie und stromsparender CMOS-Technologie direkt aus Schaltreglern zu speisen. Allerdings sind möglicherweise gewisse Vorsichtsmaßnahmen wie etwa ein sorgfältiges Layout und eine passende RC-Snubberschaltung erforderlich, um durch die Schaltfrequenz bedingte Störsignale im Ausgangsspektrum des A/D-Wandlers zu beseitigen und eine daraus resultierende Verschlechterung des SNR-Werts zu unterbinden. Angesichts der deutlichen Verringerung der Leistungsaufnahme, die man durch den Wegfall des LDOs erreicht, kann sich die sehr geringe Beeinträchtigung des SNR-Werts durchaus lohnen.

**Nützliche Links**

- power.ti.com
- www.ti.com/product/[Typ] (für [Typ] sind die Bezeichnungen ADS5483, ADS6148, TPS5420, TPS79501, TPS79601 oder TPS79633 einzusetzen)



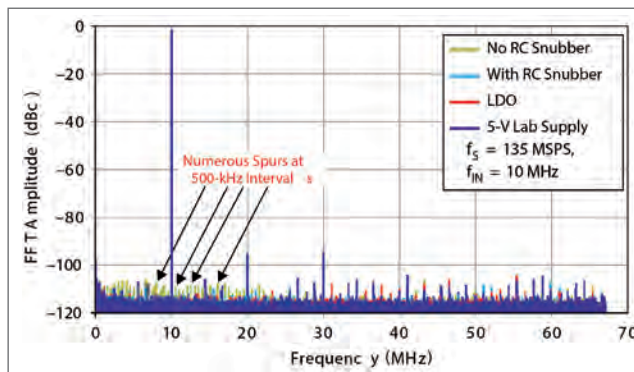
(a) SNR versus input frequency



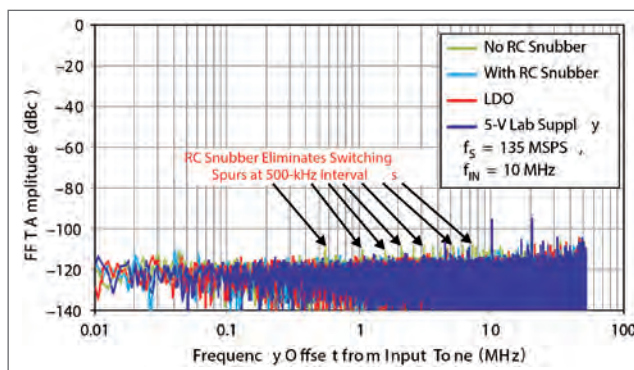
(b) SFDR versus input frequency

**Bild 12.** Durchlauf der Eingangsfrequenz von 10 bis 300 MHz.

- a) SNR als Funktion der Eingangsfrequenz
- b) SFDR als Funktion der Eingangsfrequenz



**Bild 13.** Diese FFT-Diagramme über 65K Punkte zeigen zahlreiche Störsignale.



**Bild 14.** Diese normalisierten FFT-Diagramme lassen die Vorteile der RC-Snubberschaltung erkennen.

# Energie kanalisieren

Wireless Charging: Energieübertragung verbessern und unerwünschte Störmagnetkopplungen vermeiden



Autor: Jorge Victoria Ahuir, Würth Elektronik eiSos

Gegenwärtig ist eine Zunahme von Störungen durch Magnetfelder aufgrund des geringeren Abstands zwischen Leiterplatten, integrierten Schaltungen (ICs) und anderen empfindlichen Geräten bei gleichzeitig zunehmender Verbreitung von Technologien auf Magnetkopplungsbasis für die Energieübertragung (Qi-WPC, PMA, A4WP, WCT) festzustellen. Mit Ferritmaterialien kann der Magnetfluss gesteuert werden. Hierdurch lassen sich die Effizienz der Energieübertragung verbessern und unerwünschte Störmagnetkopplungen vermeiden.

## Schirmung mit Ferriten

Ferritmaterialien weisen - wenn sie in einem Magnetfeld H platziert werden - die Fähigkeit zur Konzentration des Magnetflusses auf. Diese Fähigkeit wird durch die relative Permeabilität quantifiziert:

$$\mu_r = \frac{B}{B_0}$$

Nützliche wie unerwünschte Magnetfelder (Störfelder) sind steuerbar, indem die Ferrite gezielt platziert und geformt werden.

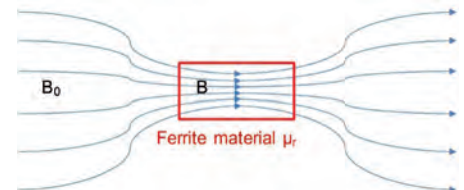
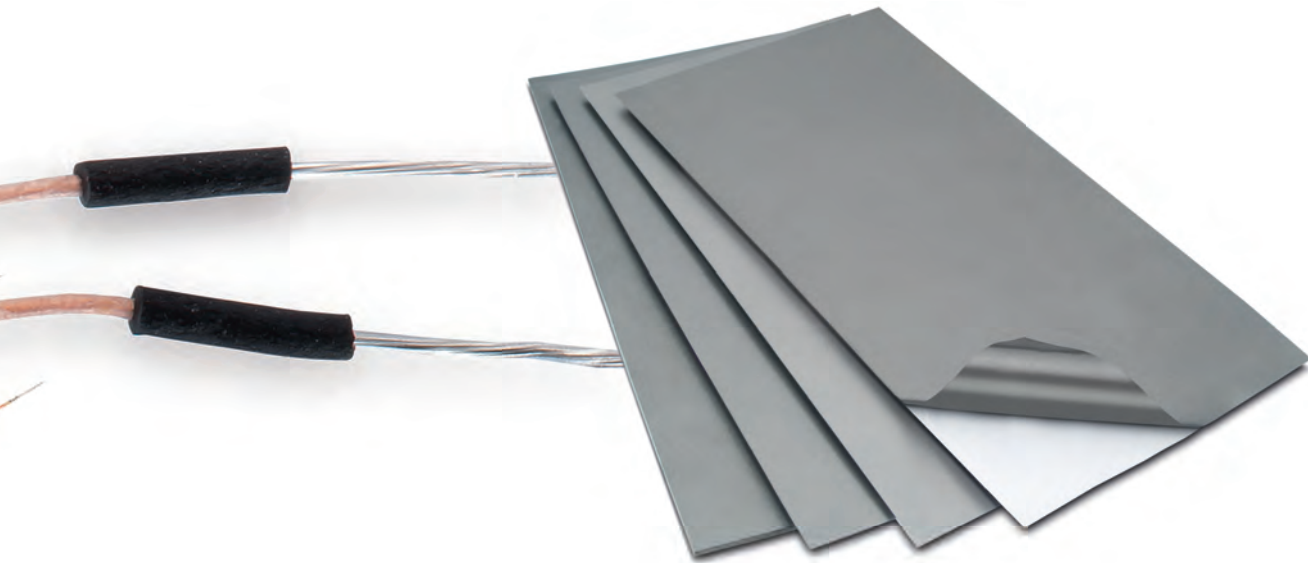


Bild 1: Wirkung des Ferritmaterials





Ein Teil des konzentrierten Flusses wird aufgrund von Ummagnetisierungsverlusten und Wirbelströmen in Wärme umgewandelt. Zur Quantifizierung dieser Verluste und der Effizienz der Flussumleitung ist die Permeabilität in den Idealanteil  $\mu'$  und den Verlustanteil  $\mu''$  unterteilbar. Dies ist als komplexe Permeabilität bekannt:

$$\mu_r = \mu' - j\mu''$$

Ferritmaterialien mit einem hohen  $\mu''$ -Wert sind nützlich beim Umgang mit Störungen, während ein hoher Wert für  $\mu'$  zur Maximierung der Magnetflusssteuerung erforderlich ist. Beide Parameter hängen von der Frequenz (Abb. 4) ab, d. h., das Material muss so ausgewählt werden, dass es in dem von der Anwendung vorgegebenen Frequenzbereich auch funktioniert.

Technologien wie die drahtlose Energieübertragung stellen für Effizienz und Schirmung eine Herausforderung dar. Sie funktionieren mit magnetischer Kopplung bei geringen Abständen und sind in der Regel von hochintegrierten elektronischen Schaltungen umgeben, bei denen Platz und Gewicht begrenzt sind.

Zwar können klassische leitfähige Schirmungen gegen unerwünschte Störkopplungen schützen, indem sie ein Gegenfeld erzeugen, doch fällt die Effizienz der gewünschten Übertragung in diesem Fall drastisch ab.

Am besten ist es natürlich, das Magnetfeld dort zu konzentrieren, wo es benötigt wird.

**Bild 2:** WE-FAS, Flexible Absorberfolie



**Bild 3:** WE-FSFS, Flexible Folie aus gesintertem Ferrit

So schützt man das Umfeld und erhöht seine Wirksamkeit. Dann werden Materialien mit hohem  $\mu'$ - und niedrigem  $\mu''$ -Wert im Bereich der Kommunikationsfrequenz benötigt.

Würth Elektronik eiSos bietet verschiedene Ferrittypen an, die diese Anforderungen erfüllen:

- **WE-FAS, Dielektrisch-magnetische Folie**

Dieses Verbundmaterial ist aus einem Polymer geformt, der mit Ferritpulver gefüllt ist. Es bietet maximale Flexibilität, weist jedoch aufgrund des Polymers reduzierte magnetische Eigenschaften auf. Der  $\mu''$ -Wert

erstreckt sich bis hinauf zu mehreren Gigahertz, und die Folie kann zudem das elektrische Feld abschwächen, sodass es sich hierbei um eine empfehlenswerte Option für die Reduzierung hochfrequenter EMI handelt.

- WE-FSFS, Flexible Folie aus gesintertem Ferrit

Diese neue Materialserie bietet hohe Permeabilität und niedrige Verluste bei sehr geringer Stärke (ab 0,1 mm). Das Material setzt sich aus angerissenen dünnen Ferritplatten zusammen, die jeweils zwischen einer Schicht Selbstklebeband und einer Außenbeschichtung aus PET angeordnet

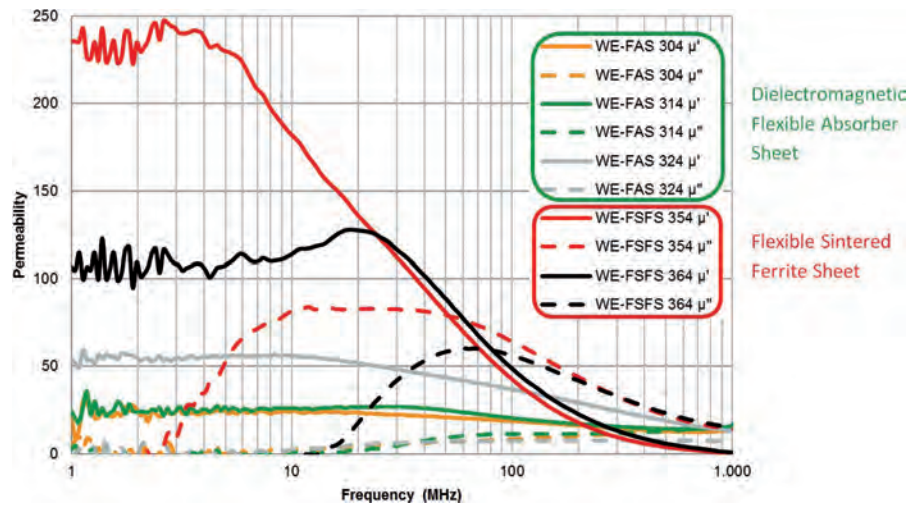


Bild 4: Komplexe Permeabilität bei Ferritmaterialien

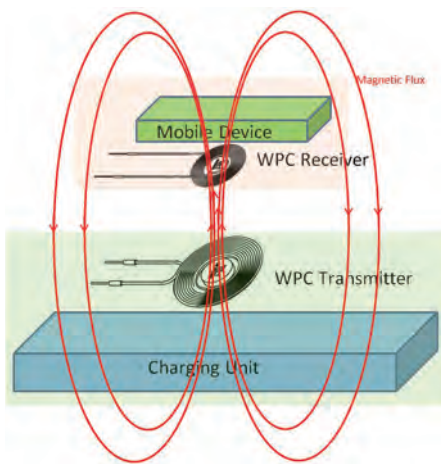


Bild 5: Magnetfluss ohne Schirmung bei drahtloser Energieübertragung

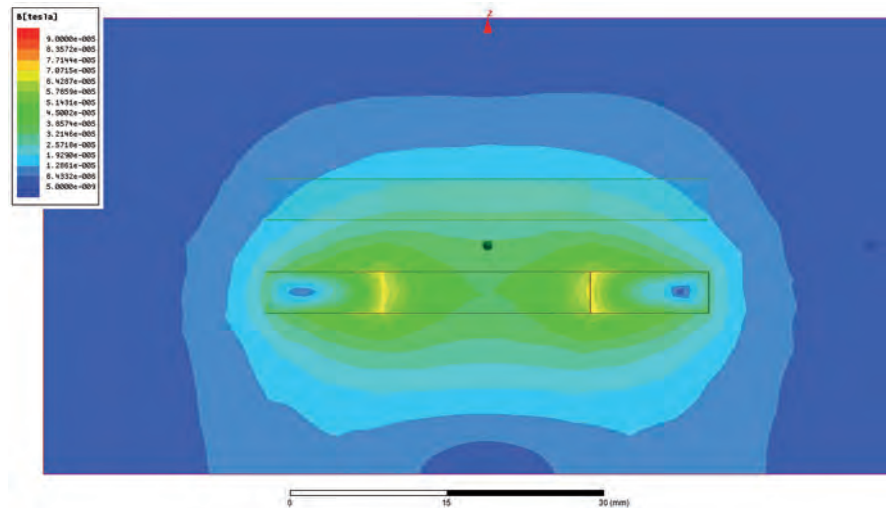


Bild 6: Verteilung der Magnetflussdichte ohne Schirmung (Softwaresimulation)

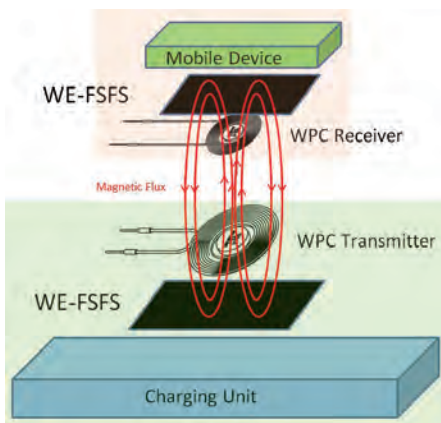


Bild 7: Drahtlose Energieübertragung mit Schirmung

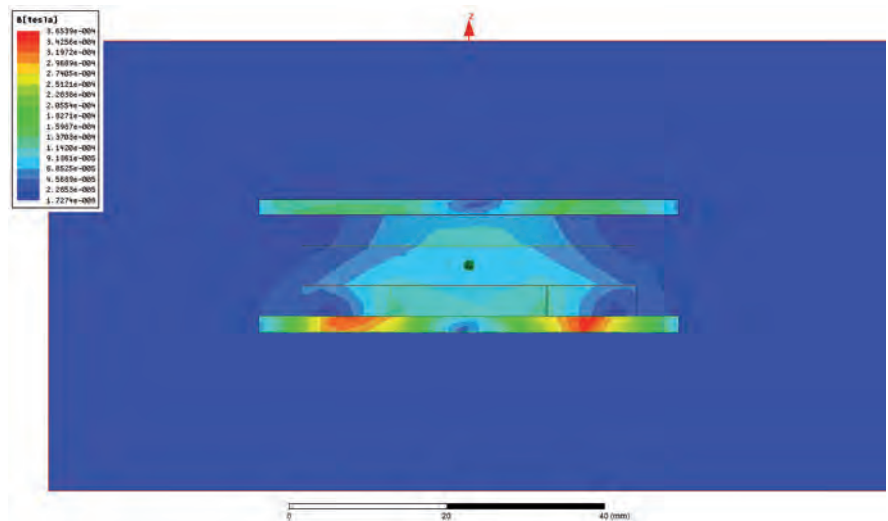


Bild 8: Magnetflussdichte mit Schirmung (Softwaresimulation)



werden, die Materialschicht, einen hohen Oberflächenwiderstand und eine gute Up/Down-Isolierung bietet. Hierbei handelt es sich um die beste Option zur Steuerung des Magnetflusses.

### Drahtlose Energieübertragung

Wenn große Leistungen durch Magnetkoppung übertragen werden, durchfließt der vom Sender generierte Magnetfluss den Empfänger, gleichzeitig aber auch die Ladeinheit und das mobile Gerät (Bild 5). Durch die Streufelder erwärmen sich die benachbarten leitfähigen Komponenten (d. h. der Akku) und induzieren Störungen in die Stromschleifen (ICs, Leiterbahnen).

In Bild 6 zeigt die Simulation durch farbliche Kennzeichnung, wie sich der Fluss in der Sendespule konzentriert (grün, gelb) und dann die Empfängerspule erreicht, gleichzeitig jedoch auch an der Rückseite des Senders erkennbar ist (hellblau).

Durch die Anordnung von Ferritfolien an den Sender- und Empfängerspulen wird der Fluss auf den dazwischen liegenden Bereich konzentriert, und die außerhalb dieses Bereichs gelegenen Schaltungen werden geschützt (Bild 7 und 8).

Es gibt verschiedene Standards für die drahtlose Energieübertragung, die bei

unterschiedlichen Frequenzen arbeiten (Tabelle 1). Das Material für die Ferritfolie muss entsprechend (d. h. mit größtmöglichem  $\mu'$ - und minimalem  $\mu''$ -Wert) ausgewählt werden. Der Verlustanteil  $\mu''$  bei WE-FSFS 354 ist über einen Wert von 2 MHz hinaus niedriger als 2, während  $\mu'$  größer als 200 ist – dies ist die perfekte Schirmung für Qi- und PMA-Standards. Bei höheren Frequenzen ist WE-FSFS 364 aufgrund der niedrigen Verluste die beste Wahl:  $\mu''$  verbleibt unter 2 bis hinauf zu 13,56 MHz, während  $\mu'$  auch dann noch über 100 liegt.

| Standard | Frequenzbereich |
|----------|-----------------|
| WPC-Qi   | 100...205 kHz   |
| PMA      | 277...357 kHz   |
| A4WP     | 6,78 MHz        |
| WCT      | 13,56 MHz       |

**Tabelle 1:** Einsatzfrequenzen für drahtlose Energieübertragung

### Fazit

Nach der Erläuterung des Mechanismus und der Messung des Verhaltens von Ferritmaterialien haben wir gesehen, wie diese Materialien (und insbesondere Ferritfolien) dank ihrer Fähigkeit, den Magnetfluss zu steuern, eine herausragende Schirmungsleistung in kritischen Anwendungen wie Energieübertragung bieten.

Durch die Auswahl geeigneter Materialien und ihre korrekte Anordnung lässt sich ein hoher Wirkungsgrad bei der Energieübertragung erzielen. Gleichzeitig werden unerwünschte Interferenzen und Emissionen sowie eine Erwärmung des Gerätes minimiert.

Dank ihrer Leistungsfähigkeit und ihrer geringen Dicke stellen die flexiblen Folien aus gesintertem Ferrit einen unverzichtbaren Partner dar, wenn es darum geht, die Effizienz dieser Technologie zu verbessern und ihr Integrationsniveau zu steigern.

### Nützliche Links

#### Application Notes:

<http://www.we-online.de/app-notes>

#### Component Selector:

<http://www.we-online.de/component-selector>

#### Toolbox:

<http://www.we-online.de/toolbox>

#### Produkt Katalog:

<http://katalog.we-online.de/>

Anzeige

## SCHNELL · ZUVERLÄSSIG · PROFESSIONELL

- Deutschlandweit 4,90 Euro Lieferkostenpauschale
- Zustellung am nächsten Arbeitstag bei Bestelleingang bis 18:00 Uhr
- 500 namhafte Hersteller
- 75.000 Artikel ab Lager verfügbar
- Sitz mit Ladengeschäft in Oberhaching bei München

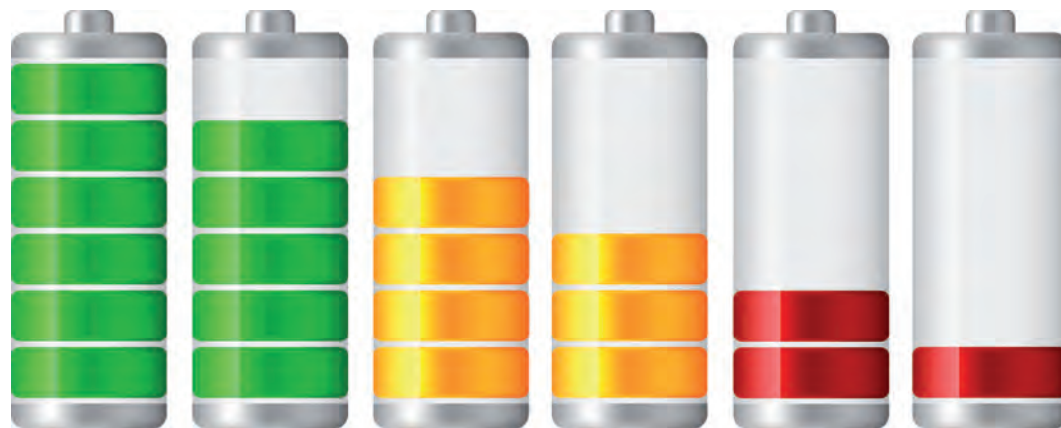


**Bürklin**  
DIE DANZE ELEKTRONIK

[buerklin.com](http://buerklin.com)

# Überwachung erwünscht

## Neue Verfahren zur Ladezustandsüberwachung von Akkus



Autor: Stefan Hald,  
VARTA Microbattery

© Shutterstock.com

Heute erwarten die Nutzer von modernen tragbaren Elektronikgeräten eine Ladezustandsanzeige auf dem Display. Die Implementierung der Ladezustandsüberwachung bei Akkus ist durch ihren Einsatz bei Mobiltelefonen und Laptops weit verbreitet. Sie dient aber nicht nur dem Komfort des Konsumenten. Bei einigen aufgabenkritischen Anwendungen in der Industrie und Medizintechnik kann die Sicherheit von Daten – oder sogar menschliches Leben – durch unvorhergesehene Abschaltungen bei entladenen Akkus gefährdet werden. Mit einer zuverlässigen und genauen Ladezustandsüberwachung kann der Geräteentwickler sichere Abschaltverfahren implementieren. Außerdem kann der Anwender so in einen Strom sparenden Betriebsmodus wechseln, um eine längere Nutzungsdauer zu erzielen, bis der Akku wieder aufgeladen werden kann.

Bei älteren Lösungen zur Ladezustandsüberwachung in Consumer-Geräten mit wiederaufladbaren Lithium-Ionen- (Li-Ion-) oder Lithium-Polymer- (Li-Po-) Akkus waren geringe Kosten wichtiger als Genauigkeit und Robustheit, sodass der Ladezustand durch Messung der Zellenspannung bestimmt wurde. Dieses Verfahren ist jedoch äußerst ungenau. Während 70 % des Entladezyklus eines Lithium-Akkus beträgt die Zellenspannung zwischen 3,9 V und 3,6 V (siehe Abb. 1). Das bedeutet, dass ein großer Anstieg bei der Entladungstiefe (Depth of Discharge (DoD)) mit einem geringfügigen Abfall bei der überwachten Spannung verknüpft ist.

Die Zellenspannung fällt dann nach 3,6 V steil ab, während der DoD-Wert von etwa 80 % auf 100 % zunimmt. Bei den Systemen zur Spannungsüberwachung bleibt daher die Genauigkeit im mittleren Bereich des Entladungszyklus unberücksichtigt. Theoretisch könnte man eine Abtastung der Zellenspannung mit sehr hoher Auflösung zwischen 3,9 V und 3,6 V durchführen. Das wäre jedoch sehr teuer und nicht gerechtfertigt, da dieses Verfahren zur

Spannungsüberwachung einen weiteren grundsätzlichen Nachteil aufweist: die Korrelation zwischen Zellenspannung und DoD ist zeit- und temperaturabhängig (siehe Bild 2 und 3). Selbst wenn ein genauer Wert für die Zellenspannung gemessen werden könnte, wäre der erfasste DoD-Wert nach wie vor nicht zuverlässig.

Die Spannungsüberwachung lässt sich zwar einfach und kostengünstig umsetzen, ist jedoch äußerst ungenau und unzuverlässig.

### Eine exakte Ladezustandsüberwachung erfordert einen anderen Ansatz

In diesem Artikel werden die Optionen für Systementwickler untersucht, die eine über die gesamte Lebensdauer des Akkus exakt funktionierende Schaltung zur Ladezustandsüberwachung implementieren möchten. Das in Mobiltelefonen weitverbreitete Verfahren der so genannten „Coulomb-Zählung“ trägt dem Problem der Beibehaltung der Genauigkeit sowie der Änderungen der physi-



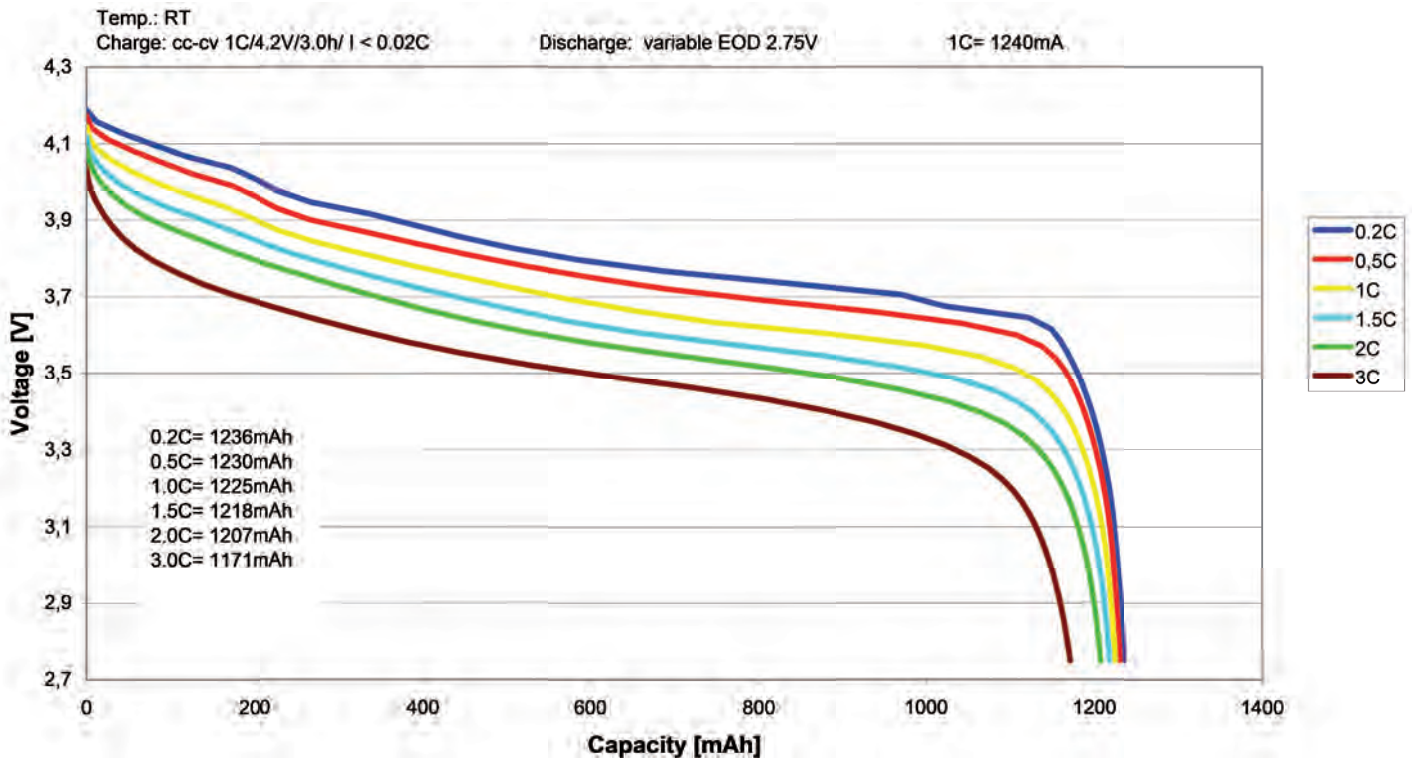


Bild 1. Typische Entladungskurven einer prismatischen Li-Ionen-Zelle

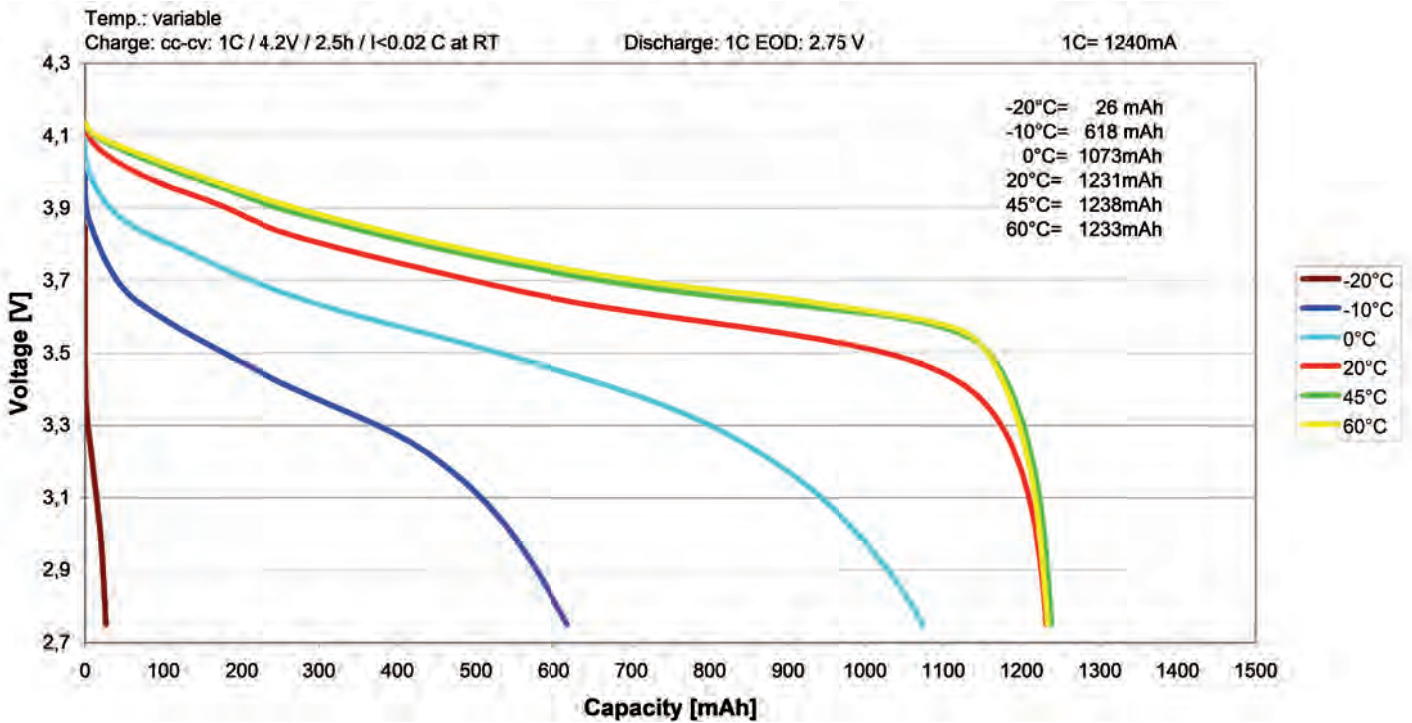
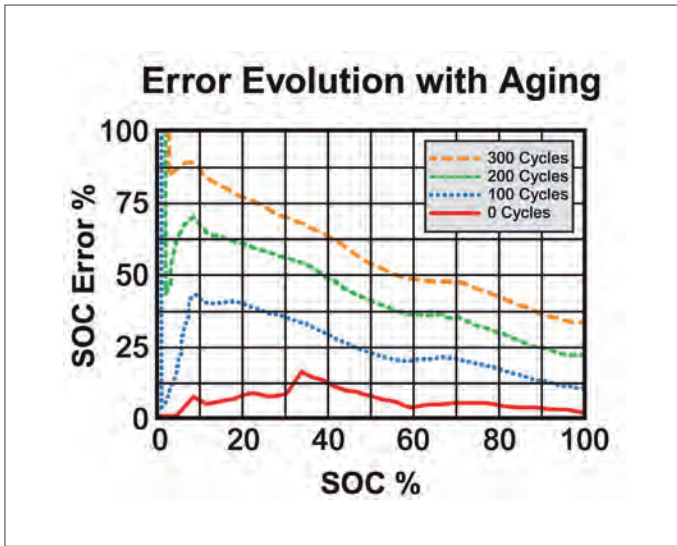


Bild 2. Typisches Temperaturprofil einer Li-Ionen-Zelle, das die starke Temperaturabhängigkeit der Entladungskurve und die unterschiedlichen Kapazitäten bei verschiedenen Temperaturen zeigt



**Bild 3.** Mit weiterer Alterung der Zelle liefert die Überwachung der Spannung immer schlechtere Ergebnisse bei der Überwachung des Ladezustands. Quelle: Texas Instruments

kalischen Eigenschaften der Zelle im Verlauf der Zeit in gewissem Umfang Rechnung. Eine Coulomb-Zählerschaltung erfordert einen Stromfühlerwiderstand und einen Ladezustandsüberwachungs-IC. (Solche Komponenten können problemlos bezogen werden.) Im Verlauf eines vollen Lade-/Entladezyklus „erlernt“ der IC die tatsächliche Ladekapazität des Akkus. (Die Nennkapazität für verbreitete Akkutypen ist im Speicher der Komponente gespeichert.) Bei der Überwachung der Spannung durch den Stromfühlerwiderstand kann das Bauteil die Ladungsmenge messen, die hinzugefügt oder entnommen wurde.

Da der Ladezustandsüberwachungs-IC die Ladungsmenge des vollständig geladenen Akkus und die zu einem beliebigen Zeitpunkt entnommene Ladungsmenge kennt, kann er daraus ganz einfach die Werte für den dynamischen DoD, die Restladung und die Restlaufdauer ableiten. Allerdings mit einer Ausnahme: Die Kapazität eines Lithiumakkus nimmt mit jedem Lade-/Entladezyklus ab, sodass der im System gespeicherte Wert für die Ladekapazität und die tatsächliche Ladekapazität im Verlauf der Zeit immer mehr voneinander abweichen. Das führt wiederum zu einer kontinuierlichen Abnahme bei der Genauigkeit der Ladungsüberwachung.

Als Beispiel soll ein neuer Akku mit einer Kapazität von 1.000 mAh dienen. Ausgehend vom vollständig geladenen Zustand entnimmt das Basisgerät eine Ladung in Höhe von 700 mAh; der Ladezustandsüberwachungs-IC berechnet daher einen Ladezustand (State of Charge (SoC)) von 30 % (300 mAh/1.000 mAh).

Nach einer vorgegebenen Anzahl von Lade-/Entladezyklen kann man davon ausgehen, dass die Ladekapazität des Akkus auf 900 mAh abfällt. Jetzt ergibt aber die gleiche Nutzung des Geräts mit einer Ladungsentnahme von 700 mAh einen tatsächlichen SoC von 22,2 % (200 mAh/900 mAh). Ein einfacher Coulomb-Zähler für die Ladezustandsüberwachung wird jedoch noch immer einen

SoC von 30 % erfassen, da der im Speicher vorhandene Wert für die Ladekapazität 1.000 mAh beträgt.

Die typische Genauigkeit einer Coulomb-Zählerschaltung in einem neuen Akku beträgt 2-3 %, kann aber im Verlauf der Zeit mit der Abnahme der Ladekapazität der Zelle bis auf 25 % nach 500 Zyklen zunehmen. Um dieser Wirkung entgegenzuwirken, waren Hersteller von Ladezustandsüberwachungs-ICs wie Texas Instruments und Maxim bestrebt, Algorithmen zum Ausgleich der Alterungswirkung zu implementieren. Bausteine von TI haben z.B. die Fähigkeit, die Ladekapazität einer Zelle auf der Basis der entnommenen Ladung über einen vollen Entladezyklus (d.h. zwischen dem Ende eines vollständigen Ladevorgangs und dem Punkt, an dem die Zellenspannung auf ein vorprogrammiertes Mindestniveau abfällt) „neu zu lernen“.

Damit sollte der Umfang, in dem eine Coulomb-Zählerschaltung im Verlauf der Zeit an Genauigkeit verliert, reduziert werden. Diese Behelfslösung kann jedoch nur begrenzt wirksam sein. Erstens findet dieser Neulernvorgang nur dann statt, wenn der Benutzer eine vollständige Entladung des Akkus zulässt. Ein Handybesitzer, der den Akku aber schon dann auflädt, wenn die Ladezustandsanzeige noch 2 oder mehr Balken anzeigt, wird dem System niemals die Möglichkeit geben, die Kapazität des Akkus neu zu lernen.

Zweitens: selbst wenn der Akku einen vollständigen Lade-/Entladezyklus durchläuft, können eine Vielzahl von Bedingungen – einschließlich niedriger Temperaturen, kleine Belastung, ein schneller Spannungsabfall, übermäßiges Laden und sehr hohe Selbstentladung – den Neulernvorgang ungünstig machen.

Auf einen Punkt gebracht: Eine Coulomb-Zählerschaltung ist nur so gut wie die jüngste Messung der Ladekapazität – und in vielen Fällen stimmt sie mit der ersten Messung überein, als der Akku neu war.

### Neues Verfahren zur Beibehaltung der Genauigkeit über die gesamte Lebensdauer des Akkus

Während die Coulomb-Zählerschaltung unter bestimmten Bedingungen eine höhere Genauigkeit über die gesamte Lebensdauer eines Akkus erzielen kann, ist diese Leistung nicht über die gesamte Lebensdauer garantiert. Bei Anwendungen, bei denen genaue SoC-Daten aufgabenkritisch sind – wie z.B. bei bestimmten tragbaren medizinischen Geräten – werden robustere Verfahren benötigt.

Ein neuer, als Impedance Tracking bezeichneter Ansatz auf der Grundlage einer von TI patentierten Technologie, verspricht, eine genaue Ladezustandsüberwachung im Zeitverlauf garantieren zu können. Neben dem Einsatz der Coulomb-Zählung implementiert das Impedance Tracking auch andere Verfahren, um den Beschränkungen der Coulomb-Zählung zu begegnen. Das Impedance Tracking beruht auf der Tatsache, dass die Leerlaufspannung (Open Circuit Voltage (OCV)) einer Zelle, also dann wenn der Akku weder geladen noch entladen wird, in Korrelation zur DoD gesetzt werden kann. Aber diese Korrelation ändert sich im Verlauf der Zeit:



Je mehr Lade-/Entladezyklen eine Zelle durchläuft, umso geringer ist ihre OCV für einen beliebigen Wert der DoD.

Um dieser Wirkung zu begegnen, werden beim Impedance Tracking Änderungen beim Innenwiderstand der Zelle im Zeitverlauf verfolgt, da die Änderungen im Verhältnis von OCV zu DoD mit den Änderungen beim Innenwiderstand des Akkus korrelieren. Gleichzeitig verfolgt das Impedance Tracking ununterbrochen die Reduzierung bei der Ladekapazität ( $Q_{max}$ ) über die gesamte Zeit hinweg.

Bei Normalbetrieb wird ein System des Impedance Trackings bei jeder Gelegenheit die OCV messen. Es wird dann diesen Spannungswert anrechnen, um den durch den Innenwiderstand des Akkus verursachten Spannungsabfall zu berücksichtigen. Es kann dann einen DoD-Wert aus den Daten im Speicher auslesen.

Wenn das Gerät geladen oder entladen wird, befindet es sich in keinem OCV-Zustand. Um die DoD zu verfolgen, werden die Coulombs bis zum nächsten OCV-Ereignis ein- oder ausgezählt, wenn es den DoD-Wert mithilfe einer aktualisierten Ablesung für den Innenwiderstand des Akkus zurücksetzt. Da das System auch  $Q_{max}$  dynamisch überwacht, kann es aus dem genauen DoD-Wert einen genauen Wert für die Restladung und Restlaufdauer ableiten.

Da dieses Verfahren auf den Impedanzdaten basiert, bei denen die Änderungen beim physikalischen Zustand des Akkus im Verlauf der Zeit verfolgt werden, kann es eine konstante Genauigkeit über die gesamte Lebensdauer des Akkus von besser als 1 % erzielen. ICs von Texas Instruments zur Ladezustandsüberwachung mit integriertem Impedance Tracking bieten unter Verwendung des Standardprotokolls Smart Battery System (SBS) 1.1 direkte Ausgänge über SMBus mit Werten für SoC, Restladung,  $Q_{max}$  usw. Daneben verfügen sie auch über folgende Merkmale:

- Schutzfunktionen, die einen Verzicht auf bestimmte externe Komponenten ermöglichen
- Datenprotokollierungsfunktion: Sie liefert Daten über den Zustand des Akkus, die für Service- und Reparaturtechniker von Nutzen sind

## Auswahl des richtigen Verfahrens zur Ladezustandsüberwachung

Nach Ansicht des Autors dieses Artikels ist die Implementierung einer einfachen Spannungsüberwachung als Verfahren zur Ladezustandsüberwachung nur dann gerechtfertigt, wenn es auf tatsächliche Ablesungen nicht ankommt und die dem Nutzer angezeigten Informationen eher der Verschönerung dienen, als eine konkrete Angabe zum Ladezustand (SoC) sind. Die Spannungsüberwachung ist zu ungenau für Anwender, die sich auf die SoC-Ablesungen verlassen müssen.

Bei Anwendungen mit hohen Genauigkeitsanforderungen oder Gewährleistung eines bestimmten Genauigkeitsniveaus sollten die Entwickler ein Impedance Tracking implementieren. Bei solchen Anwendungen sind die zusätzlichen Stückkosten gerechtfertigt: ICs mit Impedanzverfolgung sind zu Stückpreisen von etwa 1,40 US\$ bis zu etwa 4,25 US\$ erhältlich; ICs mit einer Coulomb-Zählerschaltung kosten i.d.R. ungefähr 1,00 bis 1,25 US\$.

Sind die SoC-Informationen nicht aufgabenkritisch, kann in manchen Fällen die Genauigkeit des Coulomb-Zählungsverfahrens genügen. Allerdings sollten die Entwickler bedenken, dass die Genauigkeit nicht garantiert ist und im Verlauf der Zeit abnehmen kann, wenn der Ladezustandsüberwachungs-IC nicht in der Lage ist, die maximale Ladekapazität einer Zelle „neu zu lernen“. Und während nahezu alle mikrocontroller-basierten Anwendungen die von den Coulomb-Zählungssystemen verwendete I<sup>2</sup>C-Schnittstelle unterstützen, verfügen manche nicht über die zur Implementierung der Impedance Tracking erforderliche SMBus-Schnittstelle.

Ganz gleich, welches Verfahren ausgewählt wird, Entwickler, die sich nicht mit den Detailfragen bei der Ladezustandsüberwachung befassen möchten, können diese Komponenten auch von VARTA Storage über den CellPac PLUS Service entwickeln lassen. VARTA Storage entwickelt kundenspezifische Akkus mit Impedanzverfolgung oder Coulomb-Zählerschaltung und fertigt sie in den vom Kunden gewünschten Stückzahlen.

[www.varta-microbattery.com](http://www.varta-microbattery.com)

Anzeige



**POHL electronic**

Primärbatterien:  
Lithium & Alkaline

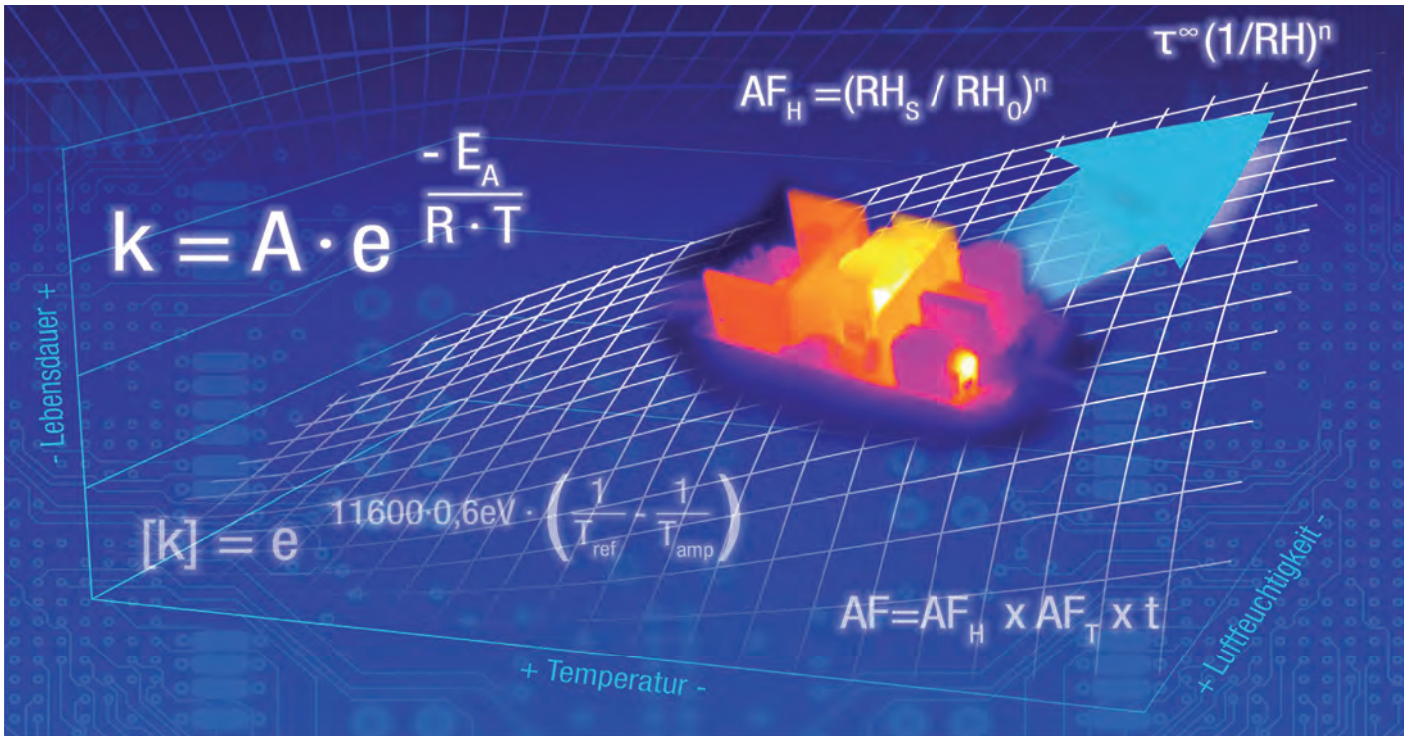
Kundenspezifische  
Akkupacks

Akkus: NiMH, NiCd,  
LiFePO<sub>4</sub>, VRLA, Li-Ion, Li-Polymer

Neuendorfstraße 18b · 16761 Hennigsdorf · 03302-559290 · [www.pohl-electronic.de](http://www.pohl-electronic.de) · [sales@pohl-electronic.de](mailto:sales@pohl-electronic.de)

# keep cool

## Worauf beim thermischen Design von Schaltnetzteilen zu achten ist



Autoren: Thomas Rechlin und Wolfgang Wolfsgruber, RECOM Engineering

Mitte Januar: draußen -12°C und Schneegestöber. Wir machen es uns gerade in der Sauna oder im Dampfbad gemütlich. Was für uns angenehm ist und Wohlbefinden auslöst, ist jedoch für elektronische Komponenten wie z.B. Schaltnetzteile der pure Stress. Denn extreme Temperaturen, egal ob heiß oder kalt, sowie Feuchtigkeit sind deren größte Feinde und reduzieren ihre Lebenserwartung drastisch.

1889 entdeckte der schwedische Chemiker Svante Arrhenius im Zuge seiner Forschungen über die Elektrolytische Dissoziation, wofür er 1903 den Chemie-Nobelpreis erhielt, den Zusammenhang zwischen chemischer Reaktionsgeschwindigkeit und Temperatur. Dieser fundamentale Zusammenhang lässt sich durch die Arrhenius Gleichung beschreiben (Formel 1).

$$k = A \cdot e^{\frac{-E_A}{R \cdot T}}$$

Formel 1: Arrhenius Gleichung

Die in der Formel beschriebene Aktivierungsenergie EA ist hierbei der wesentliche Faktor. Denn je geringer die benötigte Aktivierungsenergie eines Systems ist, desto schneller verläuft eine Reaktion. Dieser Zusammenhang ist daher nicht nur für chemische Reaktionen anwendbar, sondern gilt auch für viele andere Systeme, wie beispielsweise in der Elektronik. Formt man die Arrhenius Gleichung um, so kann man den Beschleunigungsfaktor [k] für die Alterung elektronischer Systeme beschreiben (Formel 2).

$$[k] = e^{11600 \cdot 0,6eV \cdot \left( \frac{1}{T_{ref}} - \frac{1}{T_{amp}} \right)}$$

Formel 2: Berechnung des Beschleunigungsfaktors der Alterung bei Elektronik



Vereinfacht ergibt sich daraus die bekannte Faustformel, dass eine Erhöhung der Temperatur um 10°C die Ausfallwahrscheinlichkeit verdoppelt. Im Umkehrschluss bedeutet dies, dass sich damit die Lebenserwartung halbiert. Soweit die Theorie. Aber wie kann dies in der Praxis angewandt werden?

## Thermographie - mehr als nur bunte Bilder

Bereits während des Designs eines Schaltnetzteils ist es wichtig zu wissen, wo mögliche thermische Probleme entstehen können. Insbesondere in der Umgebung von hitzeempfindlichen Bauteilen - wie beispielsweise Elektrolytkondensatoren oder auch Optokopplern - sollten tunlichst keine thermischen Hotspots auftreten. Hierfür eignet sich hervorragend die Thermographie mittels hochauflösender Wärmebildkamera.

Doch wer nun meint es genügt, einfach die Kamera auf die Platine zu richten und sich das Bild anzusehen, der irrt gewaltig. Denn um eine Wärmebildmessung wirklichkeitsgetreu durchzuführen, bedarf es aufwendiger Vorbereitungen und beträchtlichen Know Hows.

Da die Abwärme der einzelnen Bauteile aufgrund unterschiedlicher Oberflächenstrukturen nicht einheitlich dargestellt wird, muss die Platine im ersten Schritt homogenisiert werden. Das kann am einfachsten realisiert werden, indem der Prüfling mit einer schwarzen, matten Beschichtung versehen wird. Dass dies gar nicht so einfach ist, zeigt die kleine Anekdote im nebenstehenden Kasten.

### Theorie und Praxis

#### ...oder aus Fehlern wird man klug:

Für eine Thermographiemessung wurde die Leiterplatte eines Schaltnetzteils mit Graphitspray homogenisiert. Theoretisch eine gute Idee, da dieser im relevanten Wellenbereich sehr gute ausgleichende Eigenschaften aufweist. Nachdem der Test gestartet wurde, war die Überraschung allerdings groß, als es urplötzlich aus der Testkammer rauchte. Des Rätsels Lösung: es wurde zuvor nicht bedacht, dass Graphit elektrisch leitend ist. Und so kam es wie es kommen musste; durch Kurzschlüsse an den Leiterbahnen brannte der Prüfling schlussendlich ab.

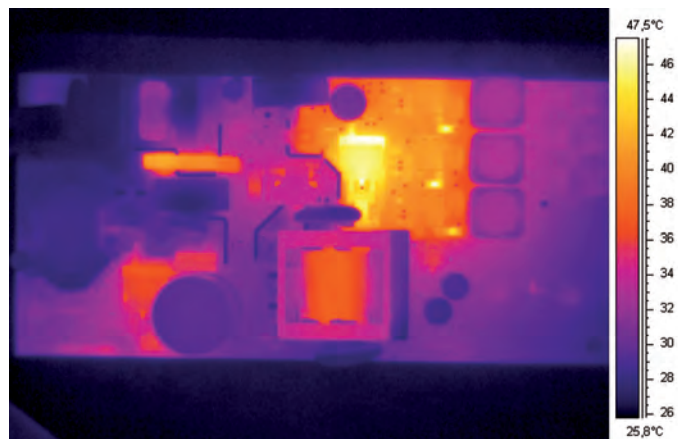
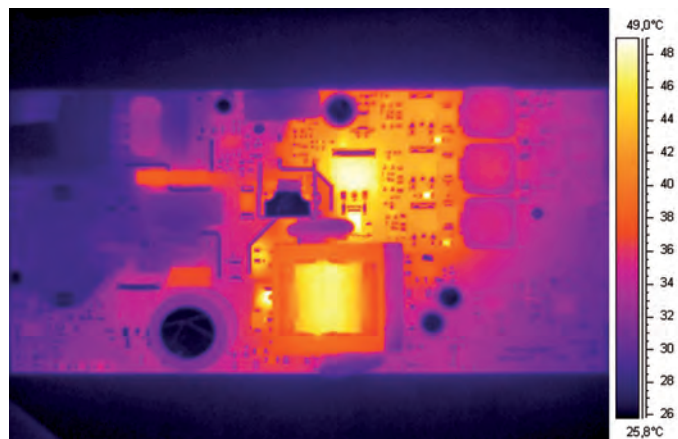
Des Weiteren sollten auch jegliche externen Lichtquellen eliminiert werden, da diese Reflexionen hervorrufen können, die die Messung wiederum verfälschen. Die besten Ergebnisse erzielt man daher, wenn der Prüfling in einer homogenisierten „Blackbox“ vermessen wird.

Schlussendlich gilt es noch zu bedenken, dass die Temperaturverteilung innerhalb eines Designs erheblich in Abhängigkeit von Umgebungstemperatur und elektrischen Betriebsbedingungen variieren kann. Dem sollte Rechnung getragen werden, indem die Messung nicht nur bei Raumtemperatur durchgeführt wird, sondern auch bei anderen Umgebungsbedingungen. Dazu benötigt man eine Klimakammer, die mit Spezialglas ausgestattet ist, das die Infra-

rotstrahlung (interessant ist hier der Bereich zwischen 25°C und 100°C) nicht dämpft oder verfälscht. So eine Glasscheibe ist nicht nur relativ teuer, sie benötigt auch einen erfahrenen Anwender, denn die Wärmebildkamera muss erst auf die Eigenschaften des Glases justiert werden um eine realitätsgetreue Messung zu erhalten.

## Der Nutzen einer Klimakammer

Ist das Design dann fertig und die ersten Prototypen gebaut, gilt es zu überprüfen ob die gewünschten Temperaturspezifikationen auch erfüllt werden. Dies geschieht in der Klimakammer bei den sogenannten Derating-Tests. Dabei werden zuerst die zuvor durch Thermografie ermittelten kritischen Komponenten des Schaltnetz-



**Bild 1.** Dieselbe Platine mit einer Wärmebildkamera betrachtet. Im oberen Bild sind verfälschte Hot Spots ersichtlich, die durch Reflexionen entstehen. Das untere Bild zeigt, nach der Homogenisierung, die wahre Temperaturverteilung.

teils mit Temperaturfühlern versehen. Bereits hier lauern aber schon die ersten Fehlerquellen. Bei sehr kleinen Bauteilen, z.B. Gate-Widerständen, Dioden oder ähnlichen kann der Temperaturfühler wie ein „Kühlkörper“ wirken und das Verhalten des Bauteils beeinflussen. Hier bedarf es viel Erfahrung, um nicht schlussendlich eine komplett verfälschte Messung zu erhalten, insbesondere wenn es sich um vergossene Bauteile handelt.

Die so vorbereiteten Prüflinge kommen dann in die Klimakammer. Hier wartet schon die nächste potentielle Fehlerquelle. Da während des Derating-Tests das Verhalten des Schaltnetzteils bei Konvektionskühlung (d.h. ohne zusätzliche Maßnahmen zur Kühlung) vermessen werden soll, muss darauf geachtet werden, dass es in der Kammer zu keinen unerwünschten Luftströmungen kommt. Gegebenenfalls ist der Prüfling in einer speziellen Messbox in der Kammer zu betreiben.

Der Test selbst läuft als sogenannter "Life-Test" unter vordefinierten Worst-Case-Bedingungen ab, in der Regel bei nominaler Eingangsspannung und unter Volllast. Begonnen wird der Test bei Raumtemperatur. Dann wird in 5°C-Schritten bis zur gewünschten Maximaltemperatur erhöht. Wichtig ist dabei, dass bei jedem Temperaturschritt solange verweilt wird, bis sich das ganze System eingeschwungen hat.

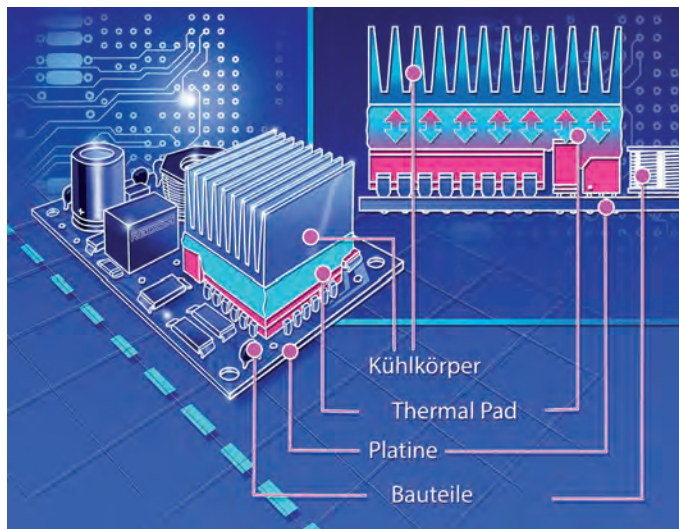
Anschließend werden die Messwerte der einzelnen Temperaturfühler ausgewertet. Sind die gemessenen Werte innerhalb der erlaubten Parameter, ist alles in Ordnung. Wenn nicht geht's ins ungeliebte Re-Design.

### Thermal-Pads als Wunderwaffe

Oft kann dieses Re-Design jedoch durch die Hinzugabe von passiven Kühlkörpern oder Thermal-Pads, welche die thermischen Eigenschaften der Baugruppe verbessern, noch vermieden werden. Thermal-Pads sind weiche und mit einem guten thermischen Leitwert ausgestattete Wärmebrücken. Sie sind hervorragend dafür geeignet, raue oder vor allem nichthomogene Oberflächenbeschaffenheiten definiert an ein Gehäuse oder einen Kühlkörper zu koppeln. Jedoch gibt es auch hier Grenzen an Wirksamkeit und Langzeitstabilität. Eine erhöhte Beanspruchung dieser Pads (z.B. viele Temperaturwechsel) kann zur Austrocknung führen. Dadurch kann der Anpressdruck zwischen den zu kühlenden Bauteilen und der Kühlfläche nicht mehr sichergestellt werden. Darauf ist zu achten, um nicht die Langzeitstabilität des Designs zu gefährden. Die bessere Alternative ist es, die Abwärme über Masseflächen, die mit vielen Durchkontaktierungen ausgestattet sind, bzw. an Kühlbleche abzuführen und damit die Abstrahloberfläche zu vergrößern.

### Alterung – immer ein heißes Thema

Die Ermittlung der Lebensdauer (Design Lifetime) steht ebenfalls in engem Zusammenhang mit der thermischen Vermessung. Hierfür werden sogenannte THB-Tests (Temperature Humidity Bias) durchgeführt. Diese Tests greifen im Wesentlichen auf Arrhenius' Erkenntnisse zurück. Dabei werden die Prüflinge unter genau definierten Umgebungsbedingungen (üblicherweise 85°C und 95% relative Luftfeuchtigkeit) für eine bestimmte Zeit in eine Klimakammer gegeben. Je nach Zeitraum lässt sich dann die Lebenserwartung des Schaltnetzteils hochrechnen (ein 96-Stunden-Test entspricht unter diesen Bedingungen ca. 7,2 Jahre Dauerbetrieb).



**Bild 2.** Thermal-Pads sorgen für einen optimalen Wärmetransfer zwischen Bauteilen und Kühlkörper, insbesondere bei nicht homogenen Oberflächen.

Neben dem THB-Testing, das als Storage Test (d.h. ohne dass der Prüfling elektrisch angeschlossen ist) durchgeführt wird, kann die Lebensdauer zusätzlich noch mit Life-Tests verifiziert werden. Eine gängige Methode hierfür ist der 1000-Stunden-Test. Dabei wird der Prüfling unter Standardbedingungen (z.B. nominal  $V_{in}$  und Volllast) für 1000 Stunden einem Klimatest unterzogen - üblicherweise bei der maximal erlaubten Umgebungstemperatur und 50% relativer Luftfeuchtigkeit. Das lässt weitere Rückschlüsse auf die zu erwartende Lebensdauer des Schaltnetzteils zu.

### Ein Windkanal für Elektronik?

Reicht die natürliche Konvektionskühlung einmal nicht mehr aus bzw. soll das Schaltnetzteil unter besonders hohen Umgebungstemperaturen eingesetzt werden, gilt es, sich Gedanken um eine Zwangsbelüftung zu machen. In erster Linie muss man sich im Klaren darüber sein, dass die dafür eingesetzten Lüfter mechanische Komponenten sind, welche Staub und Schmutz anziehen. So bergen sie die Gefahr, das Gerät trotz elektrischer Funktion vorzeitig zu beschädigen. Ebenso müssen Lüfter versorgt werden und schmälern somit den Gesamtwirkungsgrad des Systems. Eine weitere Herausforderung besteht darin mit geringstem Leistungsaufwand die Belüftung so auszulegen, dass sie die Bauteile optimal und mit so wenig Luftverwirbelungen wie möglich beströmt.

Jeder Kubikmeter Luft besitzt eine spezifische Wärmekapazität. Das ist die Fähigkeit Wärme zu speichern. Daher ist die Menge an Luft ausschlaggebend, die an den zu kühlenden Elementen vorbei fließt. Sie wird in l/s oder CFM ( $\text{ft}^3/\text{min}$ ) angegeben. Zusätzlich ist die Beströmungsgeschwindigkeit noch vom Durchmesser des Windkanals im finalen Design abhängig und wird in LFM ( $\text{ft}/\text{min}$  oder  $\text{m}/\text{s}$ ) spezifiziert. Die Ausrichtung muss so gewählt werden, dass thermische Hot-Spots laminar und parallel zur Strömung der Luft ausgelegt werden. Deshalb sollten kleinere Bauteile ohne Kühlkörper weiter vorne im Kanal (möglichst nahe am Lüfter) und größere





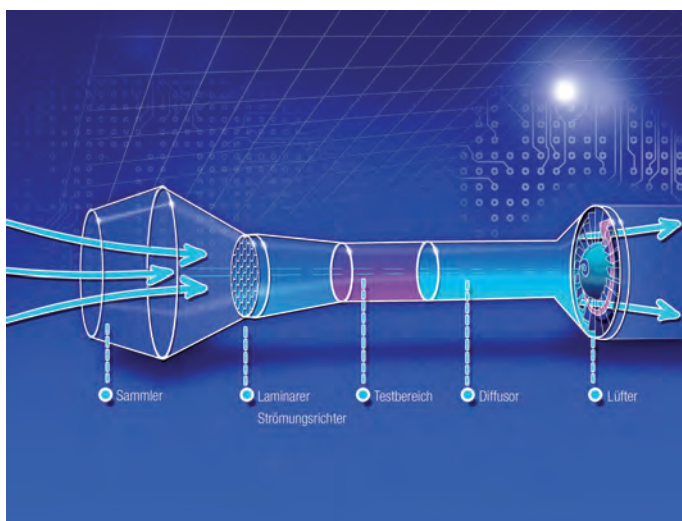
**Bild 3.** Luftverwirbelungen, wie sie durch einen Elko entstehen können.

Bauteile dahinter platziert werden. Dies wird in Bild 3 verdeutlicht. Der gezeigte Elektrolyt Kondensator verwirbelt die Luft und verschlechtert daher die Kühlung dahinter befindlicher Bauteile.

Um zuverlässige und insbesondere reproduzierbare Beströmungstests durchführen zu können, bedarf es eines Windkanals mit laminarer Beströmung (Bild 4). Ist darüber hinaus eine Infrarotkamera integriert, lassen sich sehr detaillierte Aussagen über das thermische Verhalten des Schaltnetzteils treffen.

### “Fit & Forget” der neue Standard in RECOMs Oberklasse

Die Berücksichtigung all der genannten Herausforderungen ermöglicht es RECOM, mit seinen REDIN45 und REDIN60 Hutschienen-Netzteilen in neue Dimensionen der Zuverlässigkeitsbewertung einzutauchen. Der „Fit & Forget“ Standard erlaubt diesen Produk-



**Bild 4.** Vereinfachte Darstellung eines Beströmungskanal mit laminarer Luftströmung.



**Bild 5.** RECOMs REDIN Hutschinennetzteile (unten) mit 7 Jahre Garantie und die preisgünstigen RAC/OF Open-Frame-Netzteile (oben).

ten ein bisher nicht mögliches Garantieverprechen von 7 Jahren. Daneben verfügen diese 45W- bzw. 60W-Module über eine robuste Verarbeitung und die in dieser Klasse üblichen Ausstattungsmerkmale wie Überspannungs-, Überlast- und Kurzschlusschutz oder einen Power-Good-Relaiskontakt. Ein weiteres Detail ist die Montagemöglichkeit sowohl an der Rückseite als auch seitlich. Der Temperaturbereich ist bis  $+70^{\circ}\text{C}$  spezifiziert, und das ohne die bei solchen Produkten üblichen Montage-Abstands-Vorgaben. Möglich macht's das ausgeklügelte Gehäusedesign.

Für Anwendungen außerhalb des Schaltschranks bietet RECOM seine preisgünstigen RAC48/OF und RAC60/OF Open-Frame-Schaltnetzteilserie an. Diese 48W- und 60W-Typen wenden sich an Nutzer, die auf der Suche nach einem Schaltnetzteil pur, ohne aufwendigen Schnickschnack, sind. Trotzdem haben sie Überspannungs-, Überlast- und Kurzschlusschutz an Board und sind mit den gängigen EN/UL/CB Zertifikaten ausgestattet.

### Fazit

Schlussendlich bleibt zu sagen: nein, Schaltnetzteile mögen's nicht heiß. Doch wer bei Design und insbesondere beim Testing von Schaltnetzteilen auf thermische Gesichtspunkte besonderes Augenmerk legt, wird auch nach vielen Jahren Betrieb seiner Produkte, selbst bei „ungeliebten“ Umgebungsbedingungen keine blauen Wunder erleben.

[www.recom-international.com](http://www.recom-international.com)

# Bis zum letzten Watt

## Höhere Lebensdauer durch aktives induktives Balancing



Mit Hilfe eines industrietauglichen Batterie-Management-Systems auf Basis eines aktiven Balancers wird der Energieverschwendung ein Ende gemacht. Die Baugruppe LiConnect teilt die Energie sowohl beim Laden also auch beim Entladen zwischen den Zellen auf. So sind Kapazitätsentnahmen bis zu 100 Prozent möglich.

© Chlorophylle, fotolia.com

Werner Zenke, AutarcTech

In Zeiten der Energiewende wird es auch für viele Verbraucher und Unternehmen immer wichtiger, selbst einen Beitrag dazu zu leisten. Wo der Übergang von nicht-nachhaltiger Nutzung mittels fossiler Energieträger aufgrund mangelnder Alternativen noch nicht möglich ist, gewinnen dabei Systeme, die energiesparend agieren, immer mehr an Bedeutung. Die AutarcTech GmbH, ein Batteriehersteller im bayerischen Ansbach, hat ein industrietaugliches Batterie-Management-System (BMS) auf Basis eines aktiven Balancers entwickelt, das durch die Baugruppe LiConnect keine Energie verschwendet, sondern diese zwischen den Zellen aufteilt – und zwar permanent, also auch beim Entladen. Dadurch werden pro Tag zirka 40 W pro 5,6 kWh-Batterie eingespart und das passive Verheizen dieser Energie vermieden. Ein Batterieaustausch ist dadurch erst nach 20 Jahren erforderlich.

Batterie-Management-Systeme verfügen über passive Balancer, die über Widerstände parallel zu den Zellen Energie von diesen ableiten. Das Prinzip verschwendet relativ viel Energie und funktioniert nur beim Laden. Beim Entladen funktioniert es nicht, deshalb weichen



Die Baugruppe LiConnect basiert auf einem aktiven Balancer, der für eine intelligente Energieverteilung zwischen den Zellen einer Batterie sorgt. Durch die Energieeinsparung muss die Batterie auf diese Weise erst nach 20 Jahren ausgetauscht werden.

die Kapazitäten der Zellen nach einiger Zeit zunehmend voneinander ab. Herkömmliche Batterien gelten zudem bei einer Restkapazität von 30 bis 40 Prozent als „leer“. Hersteller von Lithium-Batterien benötigen ein Batterie-Management-System, das gegen Über- oder Tiefentladen schützt und Spannung sowie Temperatur überwacht. Baugruppen dafür sind auf dem Markt in dieser Form nicht verfügbar, deshalb mussten bisher diverse Komponenten wie Zell-Balancer, Hauptprozessor, Board, Relais, Sicherungen und Schaltausgänge



einzelnen zusammengestellt werden. Dabei konnten sie nicht immer optimal aufeinander abgestimmt werden. Oft fehlten Schnittstellen zu Batterie-Wechselrichtern, die gezielt für eine gesteuerte Ladung und Entladung sorgen oder die Montierbarkeit war durch unpassende Verbindungen nur schwer möglich.

### Längere Lebensdauer durch aktives induktives Balancing

Um Anwender bei der Entwicklung einer umweltschonenden Lösung zu unterstützen, hat AutarcTech mit Unterstützung des Elektroniklabors mikrolab - Entwicklungsgesellschaft für Elektroniksysteme mbH die Baugruppe LiConnect entwickelt. Sie sorgt dafür, dass statt der üblichen 70 Prozent Kapazitätsentnahme bis zu 100 Prozent möglich sind. Durch das Ausbalancieren der Zellen durch Energieübertragung der stärkeren zu den schwächeren Zellen steigt die Lebensdauer der Batterie um etwa 30 bis 40 Prozent. Dadurch erhöht sich auch der Wirkungsgrad des Balancers von 0 bei der passiven Variante auf über 95 Prozent beim aktiven induktiven Balancer: Herkömmliche Modelle können nur die Energie voller Zellen verbrennen, also in Wärme umwandeln, um eine Überladung der Zelle zu vermeiden. Ein Ausgleich zwischen vollen und entleerten Zellen ist nicht möglich. Die Effizienz dieser Vorgehensweise liegt demnach bei 0 Prozent.

Wie verschiedene Doktorarbeiten zum aktiven Balancing bestätigen, sind bei der neuen, aktiven Methode Kostenersparnisse über die gesamte Lebensdauer von rund 1.500 Euro bei einem 5,6 kWh-Speicher oder bis zu 11.000 Euro bei einem 56 kWh-Speicher möglich. Als Kompetenzzentrum Batterie hat sich die Hochschule Ansbach etabliert, mit der AutarcTech seit 2011 kooperiert. Dort werden vor allem langwierige Untersuchungen wie Zyklustests oder die Optimierung der Balancer durchgeführt.



Die LiConnect Einheit befindet sich bei der LiHome-Batterie, die in einem haltbaren Edelstahl- oder Aluminiumgehäuse untergebracht ist, im oberen Teil. Die Speicherblöcke sind unterhalb angeordnet.

### Kundenspezifische Ausführungen

Je nach Sicherheitsanforderungen werden beim Batterie-Management-System ein oder zwei Relais mit jeweils einer oder zwei Sicherungen benötigt. In Deutschland sind mittlerweile immer zwei vorgeschrieben, in anderen Ländern ist das nicht so. LiConnect existiert daher in den Versionen LC-200S und LC-200D. Erstere enthält ein Relais und eine Sicherung 200A, LC-200D ist mit zwei Relais und zwei Sicherungen ausgestattet. In beiden Fällen handelt es sich um ein Board mit verschiedenen Schnittstellen und Steu-

**FRIZLEN**  
LEISTUNGSWIDERSTÄNDE  
POWER RESISTORS

# TEST!



Mit Lastwiderständen von FRIZLEN die Leistungsfähigkeit von Spannungsquellen testen.

- USV-/ Notstromanlagen
- Laborprüfungen
- Lastsimulation (auch für 19"-Rack)

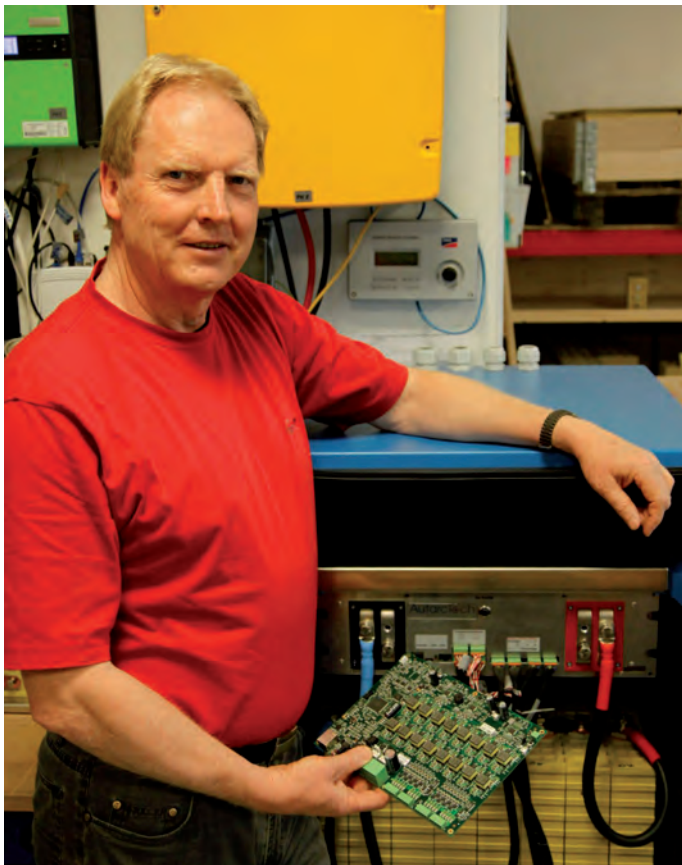
### FRIZLEN Leistungswiderstände

- Belastbar
- Zuverlässig
- Made in Germany

**+100** JAHRE **DYNAMIK DURCH WIDERSTAND**

Tel. +49 7144 8100-0  
[www.frizlen.com](http://www.frizlen.com)

Anzeige



„Mit Hilfe von LiConnect wird eine 30 bis 40 Prozent höhere Lebensdauer der Batterien erreicht, da diese tiefer entladen werden können und man somit mehr Kapazität entnehmen kann“, erklärt Werner Zenke, Geschäftsführer der AutarcTech GmbH.“

erausgängen und einem oder zwei Relais inklusive Sicherung(en). Bis zu 16 Zellen können vom aktiven Balancer im LiConnect ausgeglichen werden.

### Überwachungssystem gegen Fehlfunktionen

Zusätzlich ist das System mit einer Internet-Fernüberwachung und einem Sicherheitskonzept ausgestattet, das den Prozessor mit einer Einzelzellüberwachung von Spannung, Temperatur, Balancer-Strom und einer Eigenüberwachung der Zell-Balancer begleitet. Über den prozessorinternen WatchDog wird ein ‚Herzschlag‘ an eine unabhängige Elektronik gesendet, die, wenn keine Signale mehr kommen, die Relais abschaltet und die Batterie vom Ladegerät beziehungsweise Verbraucher trennt. Im Fall einer Funktionsstörung des Wechselrichters oder Ladereglers löst LiConnect somit selbstständig die elektrische Verbindung zum Speicher. Dadurch wird eine Überladung oder Tiefentladung sicher verhindert. Die Redundanz bei der Elektronik und den Komponenten ermöglicht so höchste Zuverlässigkeit. Sollte eine interne Funktionsstörung vorliegen, sorgt der WatchDog durch die separate Ansteuerung der beiden Relais für Plus und Minus dafür, dass beide abgeschaltet werden.

Vorgefertigte Kabelsätze mit integrierten Temperatursensoren stellen im LiRack die Verbindung zur Überwachungseinheit LiConnect her. Diese ist in einem 19-Zoll-3HE-Industriegehäuse eingebaut, stellt die Verbindung zwischen Batteriezellen und Wechselrichter her und überwacht die Spannung.

Alle Lithium-Speicher der LiHome- und LiRack-Serien sind mit LiConnect ausgestattet. Darüber hinaus kann das Modul auch von Drittanbietern als Bestandteil eigener Lithium-Speicher in verschiedenen Konfigurationen eingesetzt werden. Da Speicherkapazitäten von 3,5 (60 Ah-Zellen) bis 55 kWh (1.000 Ah-Zellen) mit Lade- und Entladeströmen von 300 A realisiert werden können, sind die Speichergrößen für Eigenheime, Gewerbebetriebe, Großanlagen, Photovoltaik-Anlagen und Off-Grid-Systeme geeignet. LiConnect kann zudem – trotz bevorzugter Lithium-Eisen-Phosphat-Speicherzellen – auch für Li-Zellen mit anderen Spannungen, chemischen Zusammensetzungen und von diversen Herstellern programmiert werden.

Bestandteil aller Batterien des Unternehmens ist die sogenannte LiConnect-Steuerung, die sich durch einen aktiven Balancer auszeichnet. Die Batterien können unter anderem in Photovoltaikanlagen im Bereich 5,6 kWh in privaten Haushalten oder auch in landwirtschaftlichen oder Kleinbetrieben angeschlossen werden.

[www.autarctech.de](http://www.autarctech.de)



**Andreas Warmsbach,****Electronic Design Engineer bei RRC power solutions****DIE FRAGE**

*Am 1. Juni haben sich die zwei Konsortien zum drahtlosen Laden PMA (Power Matters Alliance) und die A4WP (Alliance for Wireless Power) zusammengeschlossen, um eine gemeinsame Ladetechnik weiter zu entwickeln. Welche Technologieunterschiede haben die Technologien von A4WP/PMA und Qi vom Wireless Power Consortium?*



Die drahtlose Ladetechnik, die von PMA in das Konsortium eingebracht wird, ist technisch sehr ähnlich der Lösung des Wireless Power Consortiums. Beide Systeme basieren auf induktiver Kopplung und verwenden kompatible Spulensysteme. Somit können nur durch Anpassung des Übertragungsprotokolls Systeme

entwickelt werden, die beide Standards unterstützen. Einzig das auf resonanter Kopplung basierende System „Rezence“, das von A4WP in den Zusammenschluss eingebracht wurde, unterscheidet sich erheblich. So liegt dort beispielsweise die verwendete Übertragungsfrequenz bei 6,78 MHz. Als Standard zur Übertragung von Regelinformationen wird dort u.a. Bluetooth eingesetzt.

**Reiner John,****Luftstrom-Projektleiter bei Infineon Technologies AG****DIE FRAGE**

*Im BMBF-Projekt „Luftstrom“ wird in den nächsten drei Jahren erforscht, wie sich Batterien von Elektrofahrzeugen effizienter laden lassen. Welche Technologien eignen sich dazu, den Ladeprozess verlustärmer und annähernd geräuschlos zu machen?*



Leistungselektronik in Elektro-Fahrzeugen – z.B. für das Batterieladen, für Nebenaggregate und Bord-Netzversorgung – muss sich verbessern! Sie soll kompakt, kostengünstig, unkompliziert im Einbau sein und möglichst geräuschlos arbeiten. „Unkompliziert“ bedeutet dabei, dass der Kühlungsaufwand viel geringer sein muss als heute, dass die Kabelzuführungen einfacher aufgebaut und die Leitungen kürzer sind und dass der Ort

des Einbaus im E-Fahrzeug möglichst frei wählbar ist. „Kompakt“ heißt: so klein wie irgend möglich. Luftstrom adressiert den hierzu entscheidenden Faktor: Die Verlustleistung der Leistungsaggregate wird mittels neuartiger hocheffizienter Wide-Band-Gap- (WBG) Leistungsschalter sinken. Diese basieren auf Galliumnitrid (GaN)- oder Siliziumcarbid (SiC)-Technologien.

**DIE FRAGE****Herbert Schein, Vorsitzender der Geschäftsleitung VARTA Micro Group**

*In welchen neuen Applikationen sehen Sie aktuell und zukünftig Potential für Lithium-Ionen Batterien?*

Mit unseren kleinformatigen Lithium-Ionen Batterien sind neue Formfaktoren für die kommende Gerätegeneration, wie z.B. schnurlose Kopfhörer, möglich, das gibt den Geräteherstellern die Möglichkeit kleinere und leichtere Geräte zu bauen. In Ellwangen baut die VARTA Microbattery derzeit eine Produktion von kleinen, wiederaufladbaren Lithium-Ionen Batterien auf – in der ersten Ausbaustufe werden sechs Produktionslinien für diese

innovativen Energiespeicher installiert. Am Jahresende ergibt dies bereits eine Produktionskapazität von 15 Millionen Zellen pro Jahr. Für Anwendungen beim neuen Trend der Wireless Technologies – wie schnurlose Kopfhörer und Bodysensoren – sowie einer Vielzahl anderer Geräte die mit dem Smartphone gekoppelt werden, sind die neuen Energiespeicher aufgrund der hohen Energiedichte perfekte Energieversorger.

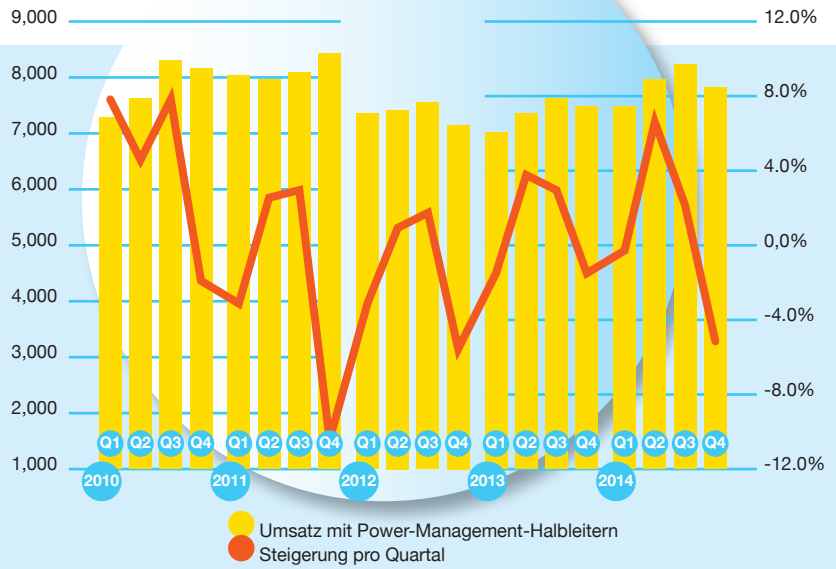
**TALKING HEADS**

# Infografiken

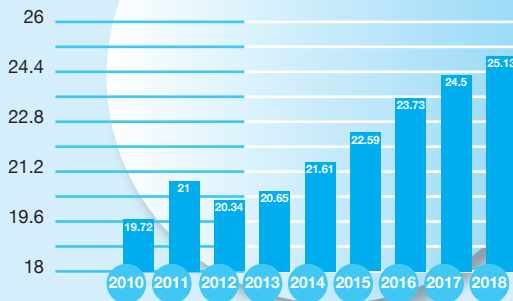
## Weltweiter Umsatz mit Power-Management-Halbleitern (in Mrd. US\$)

Nach einem mehr als schwachen Marktwachstum im Jahr 2013 hat der Markt für Power-Management-Halbleiter im vergangenen Jahr wieder angezogen. Auch nach einem saisonalen Umsatzrückgang von rund 5 Prozent im vierten Quartal 2014 stieg dieses Marktsegment global um fast 7 Prozent, so der Marktforscher IHS.

Quelle: IHS ©2015



## Weltweiter Handelsumsatz mit AC/DC- und DC/DC-Stromversorgungen (in Mrd. US\$)



Nach Untersuchungen des Marktanalysten IHS wird der Umsatz mit AC/DC- und DC/DC-Stromversorgungen in den nächsten vier Jahren um 3,5 Mrd. US\$ wachsen. Der Jahresumsatz soll laut IHS von 21,61 Mrd. US\$ im Jahr 2014 auf 25,12 Mrd. US\$ im Jahr 2018 steigen.

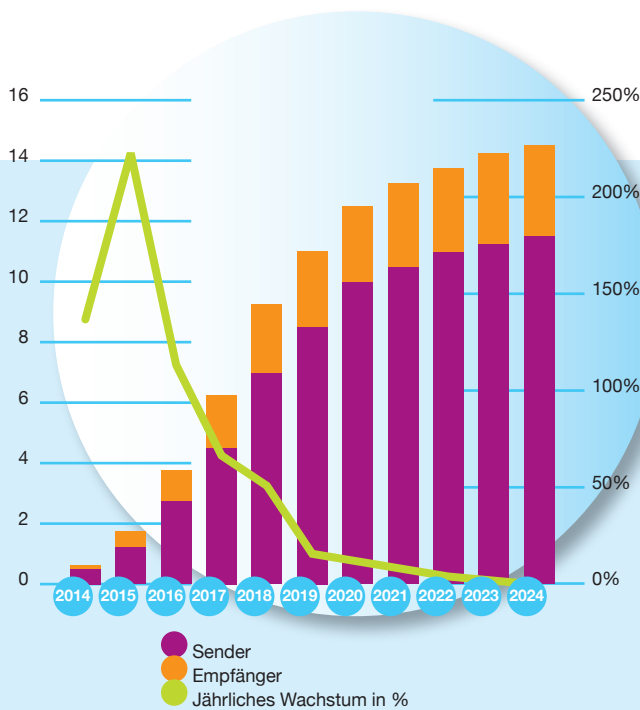
Quelle: IHS Technology

## Top Ten des globalen Stromversorgungsmarktes (Umsatzanteile in Mio. US\$)

Quelle: IHS Technology, Mai 2014

| Position     | Hersteller         | 2012 Umsatz (Mio. US\$) | 2012 Marktanteil | 2013 Umsatz (Mio. US\$) | 2013 Marktanteil | Rangänderung |
|--------------|--------------------|-------------------------|------------------|-------------------------|------------------|--------------|
| 1            | Delta Electronics  | 3.654                   | 18%              | 3.572                   | 17%              | 0            |
| 2            | Emerson            | 1.857                   | 9%               | 1.753                   | 8%               | 0            |
| 3            | Life-On Technology | 1.433                   | 7%               | 1.473                   | 7%               | 0            |
| 4            | Acbei Polytech     | 686                     | 3%               | 677                     | 3%               | 0            |
| 5            | Salcomp            | 470                     | 2%               | 650                     | 3%               | ▲ 6          |
| 6            | Mean Well          | 444                     | 2%               | 558                     | 3%               | ▲ 2          |
| 7            | Eltek              | 550                     | 3%               | 546                     | 3%               | ▲ 5          |
| 8            | Murata             | 585                     | 3%               | 545                     | 3%               | ▼ 3          |
| 9            | TDK Lambda         | 565                     | 3%               | 542                     | 3%               | ▼ 3          |
| 10           | GE Energy          | 484                     | 2%               | 520                     | 3%               | ▼ 1          |
| Total top 10 |                    | 10.728                  | 52%              | 10.818                  | 53%              |              |
|              |                    | 9.459                   | 45%              | 9.851                   | 47%              |              |
|              |                    | 20.187                  |                  | 20.669                  |                  |              |

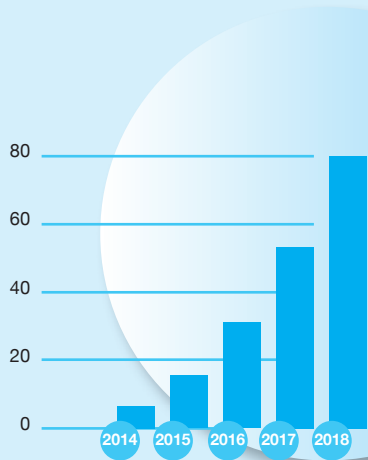




### Weltmarkt für drahtlose Ladetechnik (in Mrd. US\$)

Der Umsatz für drahtlose Lade-Empfänger und -Sender wird laut Marktforscher IHS auf mehr als \$ 1,7 Mrd. US\$ in diesem Jahr wachsen. Insgesamt wurden 55 Millionen „Sende“-Einheiten im Jahr 2014 verkauft. Diese Anzahl soll bis 2024 um 4.000% ansteigen und dann 2 Mrd. Stück betragen. „Empfänger“-Bausteine, die alleine in Smartphones verbaut werden, sollen in 2015 eine Stückzahl von 120 Mio. erreichen

Quelle: IHS ©2015



### Globale Umsatzprognose für Batterien in Wearable Electronics (Mio. US\$)

Der Weltmarkt für Batterien in Wearable Electronics wird sich von 2014 bis 2018 mehr als verzehnfachen. Diese Entwicklung wird von neuen Produkten im Sport- und Fitness-Lifestyle getrieben. Die weltweiten Einnahmen aus Wearable-Electronics-Batterien werden voraussichtlich 77 Mio.US\$ im Jahr 2018 erreichen in einem Markt, der 2013 praktisch nicht existierte.

Quelle: IHS Technology, März 2014

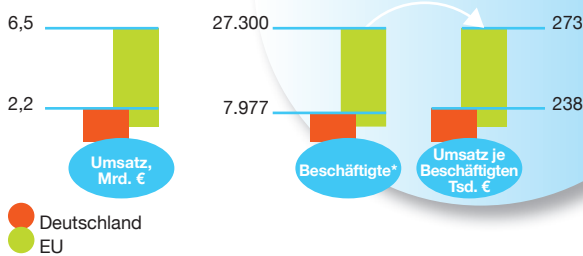
### Batterien in Deutschland

Quelle: Destatis und ZVEI-eigene Berechnungen

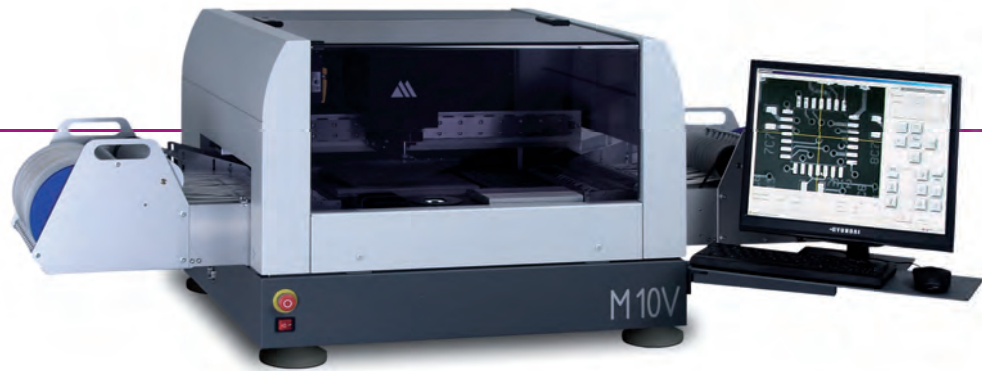
| Batterien          | Einheit          | 2014  | Jan. - März 2015  | Veränderung ggü Vorjahr |
|--------------------|------------------|-------|-------------------|-------------------------|
| Produktion         | Mrd. €           | 2,0   | -                 | -                       |
| Umsatz             | Mrd. €           | 2,2   | 0,6               | 11,1%                   |
| Export             | Mrd. €           | 2,1   | 0,6               | 17,3%                   |
| Import             | Mrd. €           | 2,2   | 0,6               | 29,4%                   |
| Beschäftigte       | Jahresendstand   | 8.281 | 8.172 (Ende März) | -0,8%                   |
| Auftragungseingang | index 2010 = 100 | 139,6 | 2%                | 6,8%                    |

### Batterien - EU-Daten für 2013

Quelle: Eurostat und ZVEI-eigene Berechnungen



Anzeige



## Vollautomatische SMD-Bestückung für Prototypen und Kleinserien

Die Factronix GmbH, Ausrüster für die Elektronikindustrie, bietet einen kleinen, vollautomatischen Bestückungsautomaten für Labors, Entwicklungsabteilungen, Muster- und Prototypenbau an, der vielerorts auch in Universitäten, Instituten und Hochschulen Anwendung findet.

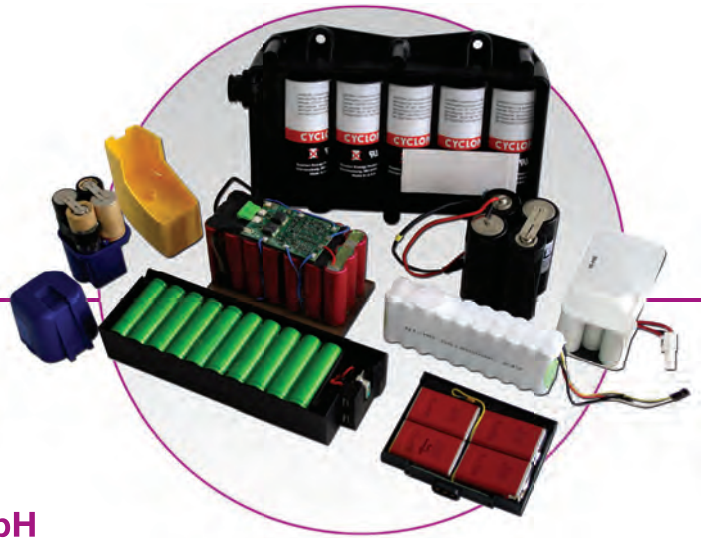
Die Investitionskosten wurden bei dieser Anlage bewusst niedrig gehalten, da durch die Verwendung von Gurtabschnittshaltern und Schüttgutbehältern größtenteils auf teure Rollenfeeder verzichtet werden kann.

Dennoch können auch Rollenfeeder kurze Gurtabschnitte führen und sind in Cassetten von bis zu 16 Bauteilspulen zusammengefasst, was einen schnellen Wechsel mehrerer Zuführungen mit nur wenigen Handgriffen ermöglicht. Ferner stehen Vibrationsfeeder für Stangen zur Verfügung sowie Trayhalter für ICs in JEDEC-Trays.

Eine weitere Besonderheit ist der optionale Präzisionsdispenser für Lotpaste oder SMD-Kleber.

[www.factronix.com](http://www.factronix.com)

Anzeige



## Pohl Electronic GmbH

Wir sind Ihr Partner, wenn es um die Stromversorgung Ihrer mobilen, netzunabhängigen elektronischen Anwendung geht. Ob Primärzelle oder wieder aufladbarer Akku, NiMH, Lithium-Ionen, Lithium-Polymer, Lithiumeisenphosphat oder Blei (VRLA), wir finden den passenden Energiespeicher für Ihre Applikation, lassen Sie sich beraten.

Wir sind auch für Sie da, wenn es um den Zell-Test geht. Wir führen das Batterietestgerät ATGB1200, mit dem Sie die ausge-

wählte Akkuzelle allen Anforderungen unterziehen können, die später Ihre Applikation an Sie stellen wird. Entladezyklen, je nach Anwendung, so wie im Betrieb, Nachladen, Vollladen, Teilladen, Schnellladen. Damit kann parallel entwickelt werden.

Sie suchen das passende Ladegerät für Ihre Applikation? Bei uns finden Sie es, für jeden Akkutyp. Unser Know-How für Ihren Erfolg, sprechen Sie uns an.

[www.pohl-components.de/batteries.html](http://www.pohl-components.de/batteries.html)



## Anpassbare programmierte MEMS-Oszillatoren von SiTime, verfügbar bei Digi-Key mit 24-Stunden-Lieferzeiten

Der globale Distributor elektronischer Komponenten, Digi-Key Electronics, gibt bekannt, dass die branchenführenden MEMS-Oszillatoren von SiTime programmiert sind und mit 24-Stunden-Lieferzeiten für den Versand von Digi-Key zur Verfügung stehen.

Erhältlich bei Digi-Key mit Frequenzen von 1 Hz bis 625 MHz, bieten die MEMS-Oszillatoren von SiTime desweiteren eine Frequenzstabilität von  $\pm 5$  bis 50 ppm und Versorgungsspannungen von 1,8 bis 3,3 V. Die rasche Erfüllung durch Digi-Key erlaubt es Entwicklern, benötigte Bauteile schnell zu erhalten und dadurch die Entwicklungszeit zu verkürzen und Geld zu sparen.

Weitere Informationen über die programmierbaren Oszillatoren von SiTime erhalten Sie über [www.digikey.de](http://www.digikey.de).



Anzeige

Anzeige



## Premium-Web-Line von Brennenstuhl jetzt bei Bürklin Elektronik

Bürklin Elektronik erweitert sein Produktportfolio im M2M-Bereich um die Premium-Web-Line von Brennenstuhl. Mit den professionellen Internet-Steckdosenleisten von Brennenstuhl können weltweit elektrische Geräte gesteuert und überwacht werden. Dank des integrierten Web-Servers zur betriebssystemunabhängigen Bedienung kann man dies auch unabhängig vom Gerät tun. Egal

ob vom PC, Notebook, Tablet oder Smartphone. Der Zugriffsschutz mittels Benutzername und Passwort verhindert unerlaubten Zugriff. Außerdem lässt sich über die integrierte Zeitsteuerung minutengenaues Ein- und Ausschalten programmieren. Egal ob für beliebige Wochentage oder ein exaktes Datum.

[www.buerklin.com](http://www.buerklin.com)

Anzeige

Unsere Steckverbinder Familie  
von 2 bis **128polig**  
im **Raster** 0,5 bis 10,16 mm.

- Ab Lager verfügbar
- Kostenlose Muster innerhalb 24h
- Unter-VPE Lieferung
- Design-In Beratung vor Ort
- Laborsortimente mit kostenloser Wiederbefüllung



WÜRTH ELEKTRONIK

*Keine Nachwuchssorgen!*



[www.we-online.de](http://www.we-online.de)



Anzeige

## Belastungswiderstände in 19-Zoll Bauform für Labors und Rechenzentren

Der neue 19-Zoll Belastungswiderstand von FRIZLEN ermöglicht eine Vielzahl von Anwendungen und ist noch dazu gut aufgeräumt – im 19-Zoll Rack.

Durch den Einsatz verschiedener Schalter, Stufenzahlen und Anzeigegeräte kann gezielt auf die jeweilige Anwendung eingegangen werden, die Gesamtleistung ist durch die Kombination mehrerer Module anpassbar.

Der innere Aufbau verhindert eine direkte Wärmeabstrahlung nach oben und unten,

integrierte Lüfter sorgen für die gezielte Wärmeabfuhr auf der Rückseite des Geräts. Induktionsarme Widerstandselemente reduzieren die elektromagnetische Belastung und Geräuscentwicklung.

Ein besonderer Anwendungsfall ist die Serversimulation in Rechenzentren. Lastwiderstände stellen für diese Anwendung eine robuste und verlässliche Testlösung dar und erlauben die gezielte elektrische und thermische Simulationen, auch wenn Racks oder Kaltgangeinhausung bereits installiert sind.

Das abgebildete Gerät mit 4 HE und 354 mm Tiefe kombiniert drei Widerstandsgruppen mit einer Gesamtverlustleistung von 3 kW (an 230 V/50 Hz), anpassbar in Stufen zu 500 W. Um eine sichere und fehlerlose Bedienung zu gewährleisten, gibt ein Hauptschalter die Laststufen frei und steuert den jeweiligen Lüfter. Andere Leistungen, Leistungsaufteilungen und Spannungen sind auf Anfrage lieferbar.

[www.frizlen.com](http://www.frizlen.com)

## Papierdünne Akkus mit 3,9 V und 0,7 mAh

STMicroelectronics hat mit der Produktion seiner Akkus der EnFilm-Reihe begonnen. Sie haben eine Dicke von 220 µm und eine Fläche von 25,7mm². Die Lithium-Feststoff-Dünnschichtakkus des



Typs EFL700A39 EnFilm können dank der oberflächenmontierbaren Anschlüsse direkt auf der Leiterplatte befestigt werden. Drähte und Steckverbinder sind nicht nötig. Die optionale Verfügbarkeit im Tape-and-Reel-Format erlaubt eine automatische Bestückung. Die Nennspannung beträgt

3,9 V und die Kapazität 0,7 mAh.

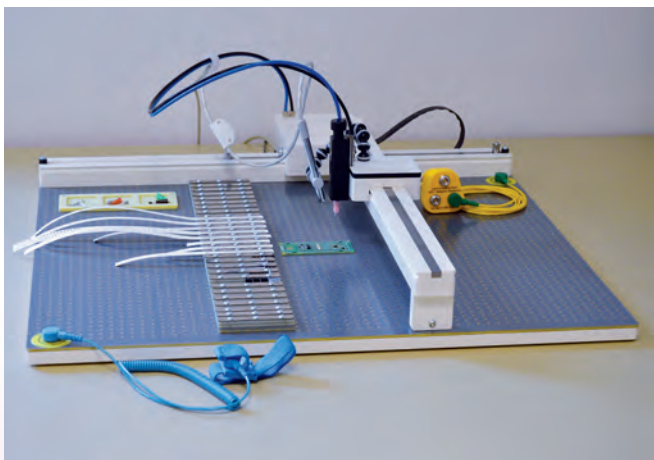
Die Lithium-Technik ermöglicht kurze Ladezeiten an einem Ladegerät mit 4,2-V-Ausgangsspannung. Sie unterliegt nur einem geringen Kapazitätsverlust und erlaubt eine Nutzungszeit von 10 Jahren bei einem Ladevorgang pro Tag. Die EFL700A39 ist RoHS-konform und UL-zertifiziert. Sie besteht die UN-Tests, erfüllt die Kriterien für den Batterietransport, entspricht den Sicherheitsvorschriften der IEC 62133 und

hält auch die Mechanik- und Flexibilitätsstandards der Norm ISO7816/IEC10373 für Smartcards ein.

ST nimmt Bestellungen für Muster und kleinere Produktionsstückzahlen entgegen. Zu den Anwendungsgebieten gehören drahtlose Sensorknoten, RFID-Tags, Smartcards, Wearable-Technologie, nicht implantierbare medizinische Überwachungsprodukte sowie die Verwendung als Hilfs-Stromversorgung oder Energiespeicher in Energy-Harvesting-Produkten. Der Stückpreis beträgt 30 US-Dollar (ab 5 Stück).

[www.st.com](http://www.st.com)





## Eurocircuits als System-Lieferant

Mit der Ankündigung des eC-Placer in Q4 2015 mausert sich der auf Prototypen spezialisierte Leiterplatten-Hersteller Eurocircuits zum System-Lieferanten. Schon jetzt rundet sinnvolles Zubehör und Verbrauchsmaterial die Bestückungslösung für Prototypen und Kleinserien ab. Die Bedienung wird fortlaufend und konsequent verbessert.

So erhält die Ofen-Software eC-reflow-pilot eine Analyse-Funktion, u.a. zur schnelleren Einrichtung von Löt-Profilen. eC-PCB-holder erleichtert das Löten von Platinen kleiner Abmessungen und eine optimal auf Prototypen abgestimmte Lötpaste eliminiert nahezu sämtliche Löt-Kurzschlüsse. Gesündere Arbeitsbedingungen versprechen eC-reflow-hood, eine Haube zur Abführung von Lötdämpfen für die aktuelle Ofenversion, sowie die leise, installationsfreundliche Absaugung eC-fumecube, die das Gesamtpaket komplettiert.

[www.eurocircuits.com](http://www.eurocircuits.com)

Anzeige

## KCS TraceME

### KCS TraceME integriert LoRa für preiswertes Tracking über große Entfernungen

Die Firma KCS BV aus Dordrecht (Niederlande) hat ihre erfolgreiche TraceME-Produktlinie mit einem preiswerten Tracking-Modul basierend auf der Technologie LoRa erweitert. Das Modul TM-202SF/N1C1 vereint verschiedene Tracking-Techniken (z.B. GPS/Glonass, LoRa, Bluetooth LE, ANT/ANT+ und proprietäres HF). GPRS wurde zur Vermeidung von nicht notwendigen Telekommunikationskosten nicht implementiert.

Die Kombination von LoRa und von HF-Technologie im 2,4-GHz-Band erlaubt das Tracking über eine Distanz von gut 15 bis 20 km. Der Entfernungsbereich von 20 km bis hinunter zu 300 m wird von LoRa übernommen, und der darunter liegende Kurzstreckenbetrieb erfolgt über eine proprietäre HF-Verbindung, die sowohl indoor als auch outdoor ein Tracking eine Genauigkeit von 1,5 m erreicht.

Besondere Eigenschaften sind kleine Abmessungen (50 mm x 15 mm), niedriges Gewicht (< 5 g) und eine Standby-Batterielebensdauer von mehr als zehn Jahren. Das Modul verfügt über Temperatur-, Feuchtigkeits- und Beschleunigungssensoren sowie die Möglichkeit zum Betrieb mit Solarzellen zur Erleichterung von M2M-Applikationen.

[www.trace.me](http://www.trace.me)

Anzeige



TVN 5WI Serie.  
Isolierte 5 Watt DC/DC Wandler  
mit extrem tiefer Restwelligkeit.

Anzeige



## Batterien als Energiespeicher

Batterien gewinnen als Energiespeicher an Bedeutung, nicht zuletzt vor dem Hintergrund der Energiewende. Das Buch stellt die Vielfalt der Batterietechnologien vor und beschreibt ihre Anwendung in mobilen und stationären Bereichen und zukünftige Einsatzmöglichkeiten.

Batterien eignen sich sowohl im privaten als auch im gewerblichen und kommunalen Bereich als Zwischenspeicher für den Solar- und Windstrom. Daraus ergeben sich auch Fragen zum Recycling. Das Buch präsentiert dazu Lösungen, auch im Hinblick von Batterietechnologien, die auf die Ressourcenschonung und die Ressourcensicherheit größte Bedeutung haben.

Inhaltliche Schwerpunkte:

- Die Energiewende in Deutschland in ganzheitlicher und vernetzter Form – Erstellung einer fairen Kosten-Nutzen-Rechnung des deutschen Energiemixes
- Appell für einen fairen Wettbewerb; Herausforderungen und Chancen des Generationenprojekts
- Speicherung als Schlüsseltechnologie (Batterien im Fokus) mit Erneuerbaren Energien, Energieeffizienz und Elektromobilität als Symbiose
- Status Quo und weitere Entwicklung der Batterietechnologien aus wissenschaftlicher und industrieller Sicht

Zielgruppe des Buches sind Hersteller und Anwender von Batterien sowie Firmen im Bereich Recycling (Schwerpunkt Lithium-Ionen- und Bleibatterien sowie Redox Flow Batterien), Speicherung, Mobilität, Gebäudeeffizienz und Projektierung

Herausgeber: Eckhard Fahlbusch

1. Auflage 2015, 514 Seiten. A5. Broschiert.

88,00 EUR | ISBN 978-3-410-24478-3

[www.beuth.de](http://www.beuth.de)



## Fachbuch: ABC der Power Module

Würth Elektronik eiSos gibt das Fachbuch „ABC der Power Module - Funktionsweise, Aufbau und Handling eines Power Moduls“ heraus. Es ist ein praxisorientiertes Fachbuch, das sich speziell mit dem Einsatz von Bauelementen für die Gleichspannungsregelung befasst.

Es vermittelt die Grundlagen der Spannungsregelung und erläutert häufig verwendete Schaltungstopologien. Der mechanische Aufbau eines Power Moduls wird ebenso erklärt, wie dessen Einfluss auf die EMV und das Wärmemanagement.

Das „ABC der Power Module“ gibt zahlreiche praktische Tipps zu Layout-, Regelungs- und Schaltungsfragen und beschreibt die Lagerung und das Handling sowie den Fertigungs- und Lötprozess.

Ein weiteres Kapitel widmet sich den Messverfahren, die nötig sind, um aussagefähige Ergebnisse für die Beurteilung von Power Modulen zu erhalten. Den Abschluss bildet eine Anleitung zur Auswahl eines Moduls anhand wichtiger Parameter und Kriterien.

Ein dreiköpfiges Autorenteam verantwortet dieses jüngste Werk in der Reihe der Praxisfachbücher von Würth Elektronik: Steffen Wolf, seit 2014 bei Würth Elektronik eiSos im Business Development Management für die Mag13C Power Module tätig, Jan Stephan, Business Development Manager für die Produktreihe der Power Module, und Ralf Regenhold, Manager der Mag13C Power Module Division bei Würth Elektronik eiSos.

„ABC der Power Module“ ist ab sofort bei Würth Elektronik und im Buchhandel erhältlich. Preis 9,95 €, ISBN 978-3-89929-314-2.

[www.we-online.de](http://www.we-online.de)



## Galvanisch getrennte 5 Watt DC/DC Wandler mit extrem tiefer Restwelligkeit

Anzeige

Nebst allen Vorzügen eines klassischen Schaltreglers mit 1500 VDC Isolationsspannung und einem hohen Wirkungsgrad von typisch 85%, haben die DC/DC Wandler der TVN 5WI Serie von TRACO POWER einen Ausgangs-Rippel von weniger als 10 mV. Der EMV Standard EN55022 Klasse B wird ebenfalls ohne externe Komponenten eingehalten. Eine fixe Schaltfrequenz erleichtert, bei Bedarf, zudem eine zusätzliche externe Filterung.



Damit sind diese Wandler bestens geeignet für den Einsatz in störungssensitiven Anwendungen im Bereich Audio, Messtechnik, Überwachung usw. Die Wandler sind durch ein DIP-24 Metallgehäuse rundum abgeschirmt. Sie verfügen über Weitbereichseingänge von 9-36 VDC oder 18-75 VDC und bieten Single- und Dual-Ausgänge von 3,3 VDC bis 24 VDC.

[www.tracopower.com](http://www.tracopower.com)



## Gebogene und dünne Lithium-Polymer-Batterien

Das Lithium-Polymer-Standardprogramm von Jauch wurde um gebogene, (sogenannte curved) und sehr dünne (ultra thin) Lithium-Polymer-Batterien erweitert.

Bei den Curved-Batterien handelt es sich um gebogene Zellen auf Lithium-Polymer-Basis. Die 3,7-V-Batterien haben eine Kapazität von 55 mAh bis 110 mAh. Diese Energie kann bei einer Zellendicke von 2,7 mm bis 4,0 mm entnommen werden. Die gebogenen Batterien können z.B. in Smartphones, Smartwatches oder Fitnessarmbändern benutzt werden.

Die Ultra Thin-Batterien sind 0,5 mm dünn und können in extrem flachen Anwendungen eingesetzt werden. Ihre Kapazität reicht von 10 mAh bis 100 mAh. In Bankkarten, Chipkarten, bei RFID-Produkten sowie ganz allgemein bei sehr dünnen Anwendungen werden sie eingesetzt. Bei beiden Spezialbatterien sind kundenspezifische Baugrößen ab einer Menge von 5.000 Stück möglich.

[www.jauch.de](http://www.jauch.de)



Anzeige

## YUASA führt neue REC-Batterieserie für zyklische Anwendungen ein

Mit rund 600 Zyklen bei einer Entladetiefe von 75 % liefert die Batterieserie REC der YUASA Battery (Europe) GmbH fast doppelt so viele Zyklen wie herkömmliche Akkumulatoren. Ihren Einsatz findet sie unter anderem in Elektro-Scootern, Werkzeugen, tragbaren Geräten sowie Golf-Trolleys und Rollstühlen. Die Baureihe bedient sich der VRLA-Technik und ist somit fast wartungsfrei.

Konstruiert sind die Batterien mit besonders belastbaren Bleiplatten, die in Verbindung mit einem speziellen Separatorensystem eine sehr hohe Anzahl an Zyklen ermöglichen und die Batterie bei Tiefentladung schützen. Aufgrund ihrer Plattenkonstruktion ist die REC als 6-9- Jahresbatterie klassifiziert und nimmt damit eine Sonderstellung am Markt ein.

[www.yuasaeurope.com](http://www.yuasaeurope.com)

## Akkumulatoren - Grundlagen und Praxis

Das Buch behandelt mit den Bleigel-, Lithiumionen- und Lithiumpolymerakkus sowie den Nickel-Cadmium- und Nickel-Metallhydrid-Akkus die heute verbreiteten Bauformen jeweils in eigenen Kapiteln, die gegenüber der ersten Auflage überarbeitet und aktualisiert wurden. Nach einer Darstellung der Funktionsweise einschließlich der wissenschaftlichen Hintergründe folgen die für Anwendungen wichtigen Eigenschaften wie das Verhalten beim Entladen, auch mit großen Strömen und bei tiefen Temperaturen, die richtige Lagerung und die dabei unvermeidliche Selbstentladung, außerdem Maßnahmen für eine lange Lebensdauer des Akkus sowie Verfahren zur Ladung und Schnellladung. Eine Zusammenfassung mit Tipps zum richtigen Einsatz runden die Kapitel ab. Zahlreiche farbige Abbildungen erläutern die Zusammenhänge. Ein Stichwortverzeichnis mit über 1400 Einträgen bietet einen schnellen Zugriff auf den Inhalt des Buches.

Mehrere Kapitel widmen sich den Besonderheiten des Einsatzes von Akkus für spezielle Anwendungen wie zum Beispiel



Akkus in Notebooks, in Digitalkameras, im Amateurfunk, im Modellbau, an Bord von Yachten, in Mobiltelefonen sowie in Geräten der Unterhaltungselektronik. Auch aktuelle Themen wie zum Beispiel die Untersuchung von Akkus durch die Elektrochemische Impedanzspektroskopie und der Einsatz von Doppelschichtkondensatoren werden vorgestellt.

Grundlage des Buches sind über 300 wissenschaftliche Veröffentlichungen, Patente und Herstellerunterlagen aus den Jahren 1879 bis 2014, die neben historischen Aspekten vor allem aktuelle Forschungsergebnisse abdecken und auch einen tieferen Einstieg in die Thematik ermöglichen. Zum Beispiel war die Alterung von Nickel-Metallhydrid-Akkus Gegenstand einer Doktorarbeit und in diesem Buch ist zusammengefasst, was sich daraus für den Einsatz der Akkumulatoren ergibt. Einen Memory-Effekt beispielsweise, zu dessen Vermeidung Akkus vor dem Aufladen zunächst komplett entladen wurden, haben heutige Akkus nicht mehr - es ist umgekehrt so, daß unnötig tiefe Entladungen die Lebensdauer verkürzen.

Der Autor Wolfgang Gellerich hat an der Universität Erlangen-Nürnberg Informatik mit Nebenfach Chemie studiert und an der Universität Stuttgart promoviert. Zurzeit arbeitet er bei einem Computerhersteller in der Entwicklung und ist Autor zahlreicher Zeitschriftenartikel.

Shaker Media, 2. Auflage 2015, ISBN 978-3-95631-295-3, 247 Seiten, Format 21,4 cm x 14,9 cm, € 34,-

[www.shaker-media.de](http://www.shaker-media.de)

## Impressum

Elektor Business  
Stromversorgung  
Ausgabe September/Oktober 2015

Elektor Business bietet Elektronik-Ingenieuren Informationen über die neuesten Produkte, Techniken und Entwicklungen aus der Elektronik-Industrie.



Elektor Business ist eine Ausgabe der Elektor-Verlag GmbH, Süsterfeldstrasse 25, 52072 Aachen.

Hauptsitz des Verlages  
Elektor International Media,  
Allee 1, NL-6141 AV Limbricht.  
[www.eimworld.com](http://www.eimworld.com)

Layout  
Content & brandmanagement Elektor  
Jack Jamar Graphic Design, Maastricht

Druck  
Senefelder Misset, Doetinchem

Redaktion  
Rolf Hähle, Chefredakteur (v.i.S.d.P.)  
([rolf.haehle@eimworld.com](mailto:rolf.haehle@eimworld.com))  
Ina Schwabe, Hartmut Rogge

Herausgeber  
Ferdinand te Walvaart  
([ferdinand.tewalvaart@eimworld.com](mailto:ferdinand.tewalvaart@eimworld.com))

Anzeigen  
Margriet Debeij (verantwortlich)  
Tel. 0241/88909-13  
[m.debeij@elektor.de](mailto:m.debeij@elektor.de)  
Julia Grotenrath  
Tel. 0241/88909-16  
[j.grotenrath@elektor.de](mailto:j.grotenrath@elektor.de)

### Fotonachweis

Cover, © Monticello, shutterstock.com  
S. 3, S. 22, © Chlorophylle, fotolia.com  
S. 4, © Olivier Le Moal, fotolia.com  
S. 14, © shutterstock.com

### Inserenten

### Seite

|                 |      |
|-----------------|------|
| Digi-Key        | 1, 2 |
| Frizlen         | 23   |
| Pohl electronic | 17   |
| Bürklin         | 13   |
| Würth           | 29   |
| Traco           | 31   |
| Eurocircuits    | 35   |
| KCS             | 36   |

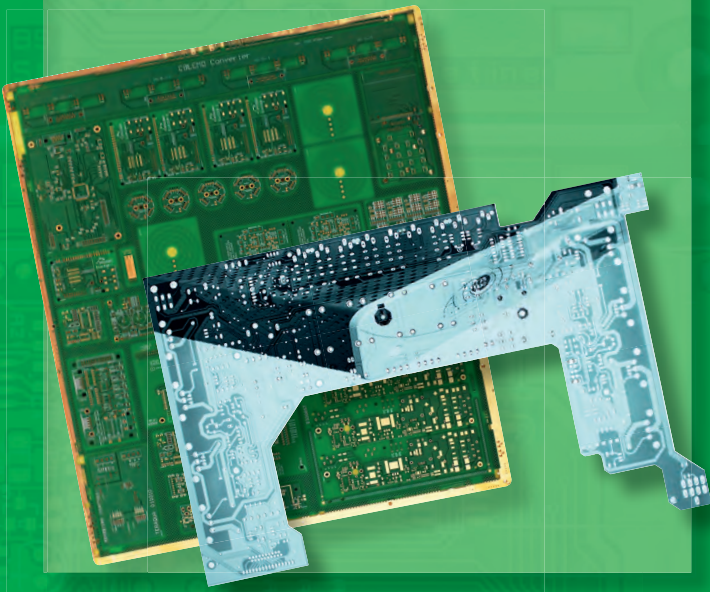
© Elektor International Media B.V. - 2015



## Leiterplatten

### Die Markteinführung Ihres Projekts pünktlich und im Budget

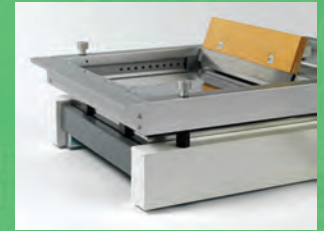
- Pooling Services auf FR-4, Alu- und HF-Material
- Leiterplatten bis 16 Lagen ab 2 Arbeitstagen
- DFM-Tools zur Kostensenkung rund um die Uhr
- Smart Menüs beraten bei technischer Ausführung / Preis
- Datenanalyse vor der Bestellung - kein Lieferverzug
- PCB PIXture - Grafik auf Ihrer Leiterplatte
- Lasergeschnittene Schablonen
- Hohe Liefer-Performance - 9.000 Kunden mit 80.000 Bestellungen



## eC-equipment

### Professionelle Tischgeräte zum Löten und Testen von Prototypen und Kleinserien

- **eC-stencil-mate**  
Lötpastendruker mit automatischer Registrierung von Leiterplatte und Schablone
- **eC-reflow-mate**  
Präziser Kammer-Ofen zum Reflow-Löten
- **eC-pre-heater**  
Vorheizung Ihrer Leiterplatte für verlässliches Handlöten
- **eC-test-mate**  
Funktionstest bestückter Leiterplatten ohne teure Adapter



## eC-consumables

### Verbrauchsmaterial in Produktionsqualität für Prototypen-Lose

- eC-solder-paste
- eC-stencil-wipes
- eC-captan-tape
- u.v.m



## EAGLE



- Europas beliebteste CAD-Software
- Erstellung von Schaltplan und BOM-Liste, Layout und Autorouter
- Von EAGLE Light Freeware bis zur voll-professionellen Ausführung
- Einzel- und Mehrbenutzer-Lizenzen plus Sonderangebote für Lehrzwecke

## Support

[www.eurocircuits.de](http://www.eurocircuits.de)

- Online Chat-Support in 8 Sprachen
- White Papers, technische Blogs, Videos



# KCS TraceME

2G 3G 4G LBS

LoRa™ BLE M2M

Iridium Sensor



Bluetooth®

iBeacon™

SMS

Glonass GPRS

RF GPS

Internet of Things



## LoRa™ für das Internet of Things

KCS hat ihre erfolgreiche Produktlinie TraceME mit einem leistungsfähigen Modul erweitert, das für weltweite Mobilität im Zeitalter des Internet of Things sorgt. Die neueste Entwicklung des GPS/GPRS-Track-and-Trace-Moduls der TraceME-Reihe kombiniert auf Basisstationen basierende Positionierung mit der Technologie LoRa™.

Diese Technologie macht „smart objects“ noch smarter, da LoRa™ energiesparende Weitbereichs-Kommunikation für viele (M2M-) Anwendungen ermöglicht. Es wird dabei GPRS/SMS sowie optional 3G, WLAN, Bluetooth LE, ANT/ANT+ und iBeacon™ providerunabhängig mit existierenden Netzwerken und mobilen Apps. Weitere Varianten im oberen und mittleren sowie Budget-Segment werden in Bälde folgen.

## Diebstahlsschutz mit HF-Technik

Die TraceME-Produktlinie von KCS bietet nun ein intelligentes, ortsbasiertes Positionssystem als Diebstahlsschutz für den häuslichen Bereich. Es handelt sich um eine HF-Lösung mit einem intelligenten Algorithmus zur Messung der Laufzeit der gesendeten proprietären Signale. Besonders hervorzuheben sind: Geringe Abmessungen (nur 46x21x6,5mm), niedriges Gewicht (nur 7 g für die voll bestückte Platine) und eine Lebensdauer der Batterie von mehr als 10 Jahren. Ein „Listen before talk“-Algorithmus macht es praktisch unmöglich das Modul zu lokalisieren, das wertvolle Fahrzeuge oder andere Vermögenswerte schützt. Das Modul unterstützt GPRS/SMS und optional 3G, WLAN, Bluetooth LE, ANT/ANT+ sowie iBeacon und erlaubt die einfache Integration in bestehende Funknetzwerke und mobile Apps.

[www.Trace.ME](http://www.Trace.ME)

Alle erwähnten Markenzeichen gehören den jeweiligen Eigentümern