

# Batteriekonzepte für Smart Utility Meters Anforderungen und Absicherung ihrer Einhaltung

von Dr. Thomas Dittrich, Tadiran Batteries GmbH

Intelligente Zähler (*Smart Meters*) ermöglichen Energieeinsparungen im Bereich von 10 bis 15 %. Studien [1, 2] zeigen, dass auf diese Weise zentrale Forderungen der europäischen Energieeffizienz-Richtlinie [3] eingehalten werden können. Pilotprojekte befinden sich nun auch in Deutschland in der Umsetzung.

Für verschiedene Funktionen sowohl in den Zählern selbst als auch für die Datensammlung und -übertragung werden Batterien als Stromquelle eingesetzt. Die Anforderungen an Lebensdauer, Kompaktheit und natürlich an die elektrischen Werte sind dabei enorm. Von der Batterie werden Laufzeiten zwischen 10 und 20 Jahren gefordert. Das nachzuweisen ist eine große Herausforderung [4].

Anhand von vier Beispielen werden die Anforderungen im Einzelnen diskutiert, insbesondere auch, wie deren Einhaltung abgesichert werden kann.

## Was macht Zähler intelligent?

Strom-, Gas-, Wasser- oder Wärmehähler werden als intelligent bezeichnet, wenn sie so konzipiert sind, dass die Verbrauchsdaten dem Nutzer zeitnah zur Verfügung stehen und dass er den Verbrauch kostengünstig steuern kann. In der Regel arbeiten intelligente Zähler digital, zumindest werden die Messdaten digitalisiert. Für die Kommunikation und Steuerung werden separate oder eingebaute Zusatzmodule verwendet, beispielsweise zur Fernablesung, zur Fernsteuerung um zeit- oder lastabhängige Tarife ausnutzen zu können, oder zum An- und Abschalten bei Vorkassezählern. Ein wichtiger Zweck ist die Darstellung der Verbrauchsdaten, entweder auf einem separaten Anzeigegerät oder auf dem heimischen Computer.

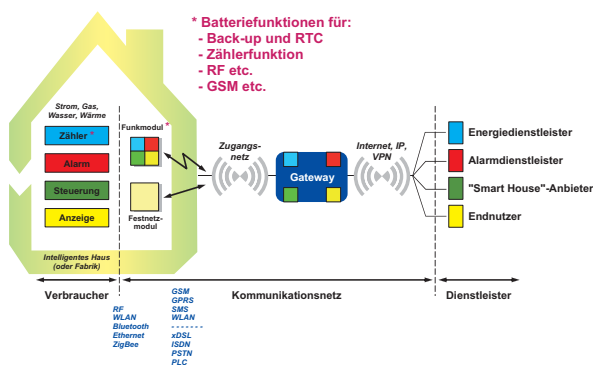


Abbildung 1  
Netzwerkarchitektur mit intelligenten Zählern

Batterien werden dabei als Stromquelle für verschiedene Funktionen benötigt. In Stromzählern ist dies typischerweise die Pufferung der Echtzeit-

uhr bei Stromausfall. Intelligente Gas-, Wasser- und Wärmehähler dagegen werden oft überhaupt nur von der Batterie gespeist.

Die Datenübertragung erfolgt bei Stromzählern oft über das Stromnetz selber (*Power Line Communication, PLC*). Bei den anderen Zählerarten erfolgt die Kommunikation eher über Funk, wobei je nach Übertragungsweg der Strombedarf sehr unterschiedlich sein kann.

Die Umsetzung von intelligenten Zählersystemen ist in den Ländern der Europäischen Union sehr unterschiedlich weit gediehen. Beispielsweise sind in Italien nahezu alle Stromzähler intelligent (Projekt *Telegestore* von ENEL mit 30 Mio. elektronischen Zählern). Große Projekte befinden sich auch in Schweden und den Niederlanden in der Umsetzung. Insbesondere in den Niederlanden und in Großbritannien wird der Gaszählermarkt in die Smart-Metering Projekte einbezogen. Auch in Deutschland gibt es mittlerweile einige Pilotprojekte, hauptsächlich im Bereich Stromzähler.

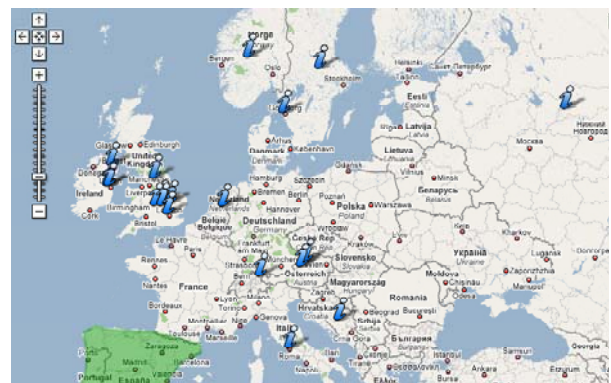


Abbildung 2  
Europakarte der Smart Metering Projekte [5]

## Batterien für Back-up und RTC

Intelligente Stromzähler benötigen eine Echtzeituhr (*Real Time Clock, RTC*), die auch bei Stromausfall weiterläuft. Dafür ist eine Pufferbatterie erforderlich. Ein Supercap kann diese Funktion nicht sicher abdecken, da die Zeitdauer zwischen Fertigung und Installation normalerweise seine Pufferzeit überschreitet. Außerdem kann ein CMOS-RAM anstelle eines EEPROMs eingesetzt werden, wenn sowieso eine Pufferbatterie vorhanden ist. Typische Anforderungen an die Pufferbatterie sind in Tabelle 1 zusammengefasst.

Anwendung	Intelligenter Stromzähler
Spannung ( $U_{\min}$ )	2,5 Volt
Lagerung	1 Jahr bei 30 $\mu$ A
Back-up	10 min jährlich bei 200 $\mu$ A
Temperatur	$\pm 0$ °C ... +50 °C
Lebensdauer	20 Jahre.

Tabelle 1

Typische Batterieanforderungen für Back-up und RTC

System	Spannung je Zelle	Dichtung	Lebensdauer /Jahre
Lithium-Knopfzelle	2,7 - 3,0 V	Kunststoff, Bördelung,	3 – 7
BR-, CR-Batterie	2,7 - 3,0 V	Kunststoff Bördelung	5 – 10
LTC-Batterie	3,4 - 3,6 V	Glas-Metall-Durchführung, Schweißung	10 – 20

Tabelle 2

Systemvergleich: Batterien für Back-up und RTC

Verschiedene Lithium-Batteriesysteme kommen für diese Anwendung in Betracht (Tabelle 2). 3-Volt Systeme sind unter den Bezeichnungen BR- und CR- genormt und können für Mindestspannungen von 2,7 Volt und darunter verwendet werden.

Diese Batterien haben üblicherweise eine Kunststoffdichtung in gebördelter Ausführung. In Form von Knopfzellen können sie eine Betriebsdauer von typischerweise 3 bis 7 Jahren erreichen. Bei den etwas größeren Rundzellen ist die Dichtung meistens etwas aufwendiger ausgeführt. Sie erreichen Lebensdauern von typischerweise 5 bis 10 Jahren. Batterien des Systems Lithium-Thionyl-

chlorid (LTC) haben eine etwas höhere Spannungslage und können bei Mindestspannungen von 3,4 Volt und darunter eingesetzt werden.

Ihre Dichtung ist aufwendiger. Becher und Deckel sind verschweißt. Die Isolierung zwischen Plus und Minus bildet eine Druckglasdurchführung. Sie erreichen typische Lebensdauern von 10 bis nachgewiesenermaßen 20 Jahren [4].

Eine Möglichkeit, die Dichtheit einer Batterie für den Langzeiteinsatz zu überprüfen, besteht darin, den Masseverlust bei der Temperaturlagerung zu bestimmen. Tabelle 3 enthält Werte für eine Lagerung bei 70 °C über 3 Monate. Die Ergebnisse sind signifikant unterschiedlich. Sie reichen von 0,007 g Masseverlust (Hersteller A) bis 0,21 g Masseverlust (Hersteller C), obgleich alle 3 Batterietypen prinzipiell einen ähnlichen mechanischen Aufbau und die gleichen Abmessungen hatten. Vom Standpunkt der Lebensdauererwartung ist zunächst einmal der Type mit dem geringsten Masseverlust der Vorzug zu geben. Lithium-Thionylchloridbatterien sind in dieser Baugröße normalerweise nicht erhältlich. Sie haben aber bei dieser Prüfung gar keinen Masseverlust.

Typ	Hersteller	Masse vorher	Masse nachher	Masseverlust
BR $\frac{3}{4}$ A	A	12,8665 g	12,8594 g	0,007 g
CR $\frac{3}{4}$ A	B	15,5018 g	15,4020 g	0,100 g
CR $\frac{3}{4}$ A	C	15,7384 g	15,5280 g	0,210 g

Tabelle 3

Masseverlust nach 3 Monaten bei +70 °C

Obwohl die Batterietype des Herstellers A den geringsten Masseverlust aufwies, tritt bei Wechseltemperaturlagerung zwischen -25 °C und +60 °C auch bei diesem System nach einem Monat schon sichtbar Rückstand von Elektrolytsalzen im Dichtungsbereich auf. Auch diese Beobachtung macht man bei Batteriesystemen mit Glas-Metall-Durchführung, wie Lithium-Thionylchlorid, normalerweise nicht.

Allerdings ist es dennoch sinnvoll, die Stabilität des Glases bei diesem Dichtungssystem einer genaueren Prüfung zu unterziehen. Lithium-Thionylchloridbatterien der Hersteller D und E wurden 6 Wochen über Kopf bei 100 °C gelagert. Anschließend wurden die Batterien (unter Beachtung der Sicherheitsvorschriften) geöffnet, die Deckel und Stromableiter abgetrennt, gesäubert und unter dem Mikroskop inspiziert. Das Glas bei Hersteller D war auf der elektrolytberührten Innenseite genauso sauber und unversehrt wie auf der Außen-

seite. Das Glas bei Hersteller E hingegen war auf der gesamten Isolierstrecke korrodiert, erkennbar an einer schwärzlichen Färbung. Durch weiterführende Untersuchungen stellt man fest, dass diese Korrosion zur vollständigen Selbstentladung der Batterien innerhalb von wenigen Monaten oder Jahren führen kann.

Eine weitere Methode, die Lebensdauer eines Batteriesystems nachzuweisen, ist natürlich die Langzeitentladung. Eine Möglichkeit, einen solchen Test zu beschleunigen, besteht darin, die Temperatur zu erhöhen. Abbildung 3 zeigt das Ergebnis der Entladung einer Lithium-Thionylchloridbatterie der Größe ½AA bei einer Last von 560 kΩ (ca. 6 µA) und bei einer Temperatur von 150 °C. Es handelt sich um eine Sonderversion, die so ausgestattet ist, dass sie dem Innendruck bei dieser Temperatur widerstehen kann. Diese Ergebnisse sind auf Back-up Batterien desselben Herstellers übertragbar.

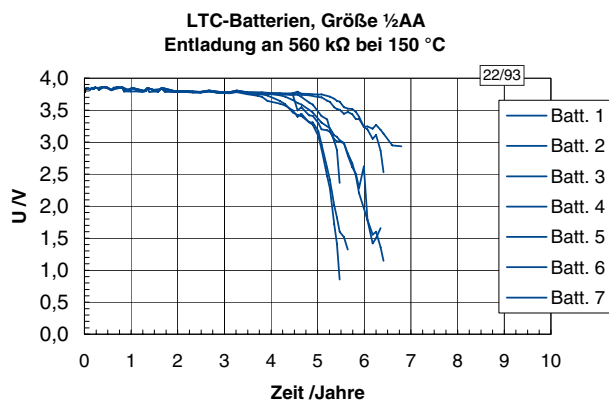


Abbildung 3  
Langzeitentladung von LTC-Batterien der Größe ½AA an 560 kΩ bei 150 °C

## Batterien für Zählerfunktion

Intelligente Zähler für Gas, Wasser und Wärme, die neu entwickelt werden, arbeiten elektronisch und benötigen eine unabhängige Stromquelle. Üblicherweise arbeiten solche Zähler mit Ultraschall nach dem Dopplerprinzip. Außerdem wird die Temperatur elektronisch erfasst. Bei mechanischen Zählern ist es durch geeignete Zusatzgeräte möglich, die Messdaten in elektronische Daten umzuwandeln. Auch solche Zusatzgeräte benötigen Stromquellen. Sie arbeiten zum Beispiel indem die Anzeige mit Hilfe der Bildverarbeitung in elektronische Signale umgesetzt wird. Eine Temperaturerfassung erfolgt dann eher nicht. Anforderungen an die Batterie sind in der Tabelle 4 zusammengestellt.

Anwendung	elektronischer Gaszähler
Spannung ( $U_{\min}$ )	3,2 Volt
Betrieb	80 µA Dauerstrom 10 mA für 11 ms alle 2 s
Mittlerer Strom	160 µA
Temperatur	-20 °C ... +60 °C
Lebensdauer	11,5 Jahre
Kapazitätsbedarf	16,2 Ah

Tabelle 4  
Batterieanforderungen für Zählerfunktion

System	Spannung je Zelle	Anzahl Zellen	$K_{\text{Nenn}}$	Lebensdauer /Jahre
Alkali-Mangan	1,1 - 1,5 V	s3p1 D	12 Ah	3 - 7
BR-, CR-Batterie	2,7 - 3,0 V	s2p2 C	10 Ah	5 - 10
LTC-Batterie	3,2 - 3,6 V	s1p1 D	19 Ah	10 - 20

Tabelle 5  
Systemvergleich: Batterien für Zählerfunktion

Prinzipiell können sehr unterschiedliche Batteriesysteme für einen elektronischen Zähler eingesetzt werden. In der Tabelle 5 sind einige Systeme und ihre maßgebenden Eigenschaften aufgeführt. Die Spannungslage führt dazu, dass bei einigen Systemen mehrere Zellen in Reihe geschaltet werden müssen. Der Kapazitätsbedarf macht gegebenenfalls eine Parallelschaltung erforderlich. Im Beispiel des elektronischen Gaszählers kann nur das LTC-System die Anforderungen mit nur einer Zelle abdecken. Auch die Lebensdauererwartung ist bei diesem System am höchsten.

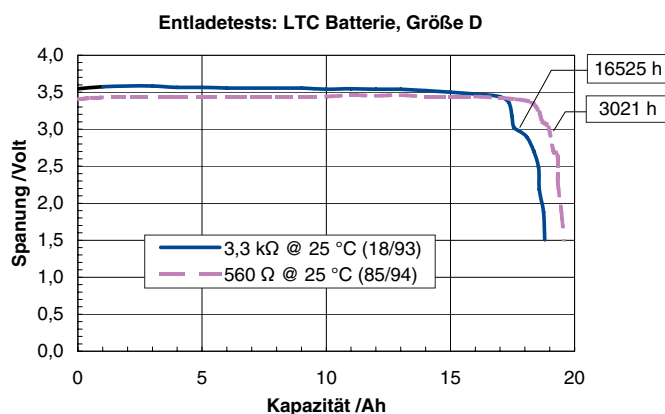


Abbildung 4  
Entladung von LTC-Batterien der Größe D

Verschiedene Entladetests sind in der Lage, die Kapazität, Lebensdauer und Spannungslage der Batterie unter Einsatzbedingungen nachzuweisen.

Die Abbildung 4 zeigt Entladekurven von LTC-Batterien der Baugröße D mit verschiedenen Entladewiderständen. Durch solche Entladungen kann die Kapazität bei verschiedenen Lasten nachgewiesen werden.

Die Abbildung 5 zeigt das Ergebnis eines Langzeittests dieser Batterie, der über 13 Jahre gelaufen ist. Bei diesem Test wurde das Stromprofil eines elektronischen Zählers durch eine Widerstandslast mit überlagerten Strompulsen simuliert.

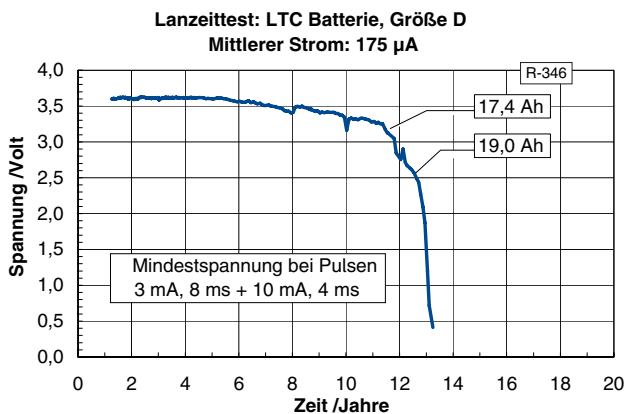


Abbildung 5  
Zählersimulation mit Grund- und Pulslast. LTC-Batterie der Größe D bei einem mittleren Strom in Höhe von 175 µA

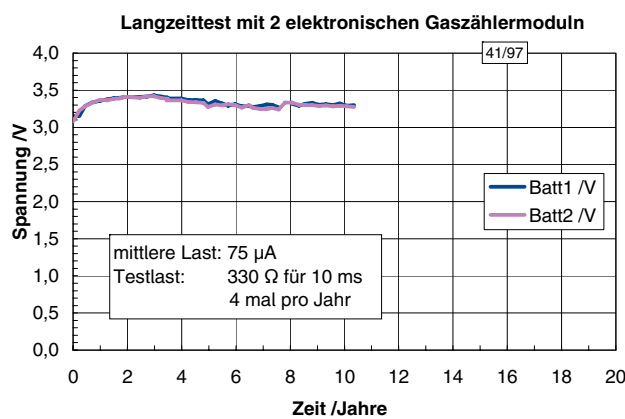


Abbildung 6  
Langzeittest von Zählerplatinen

Die Abbildung 6 zeigt das vorläufige Ergebnis eines ähnlichen Tests bei dem zwei Elektronikplatinen eines elektronischen Zählers im Dauerbetrieb sind. Der Hersteller hatte den Stromverbrauch optimiert, so dass er nur noch weniger als halb so groß war. Dieser Test läuft seit 10 Jahren und wird fortgeführt.

## Batterien für Vorkassezähler mit RF-Modul

Eine Möglichkeit, die Messwerte eines intelligenten Zählers zur Auswertung und Darstellung weiterzuleiten, besteht darin, sie über eine kurze Strecke an einen Datensammler oder ein Kommunikationsmodul zu übertragen. Dabei werden beispielsweise Radiowellen verwendet, die einige zehn Milliampere zu ihrer Erzeugung benötigen. Durch geschickte Synchronisation der Sendeintervalle und durch die Auswahl von Komponenten mit geringem Stromverbrauch ist es möglich, auf diese Weise mit relativ kleinen Batterien sehr lange Betriebszeiten zu erreichen.

Tabelle 6 zeigt ein typisches Anforderungsprofil für die Batterie eines solchen Zählers mit Radiomodul. Geeignete Batterielösungen sind in Tabelle 7 dargestellt.

Anwendung	elektronischer Gaszähler mit RF-Funktion und Absperrventil
Spannung ( $U_{\min}$ )	3,0 Volt
Betrieb	45 µA Dauerstrom 7,5 mA für 10 ms alle 2 s 25 mA für 50 s, 1 mal pro Woche 25 mA für 4 s alle 30 Minuten
Mittlerer Strom	140 µA
Temperatur	-20 °C ... +60 °C
Lebensdauer	11,5 Jahre
Kapazitätsbedarf	14 Ah

Tabelle 6  
Batterieanforderungen für elektronischen Gaszähler mit Radiomodul und Absperrventil

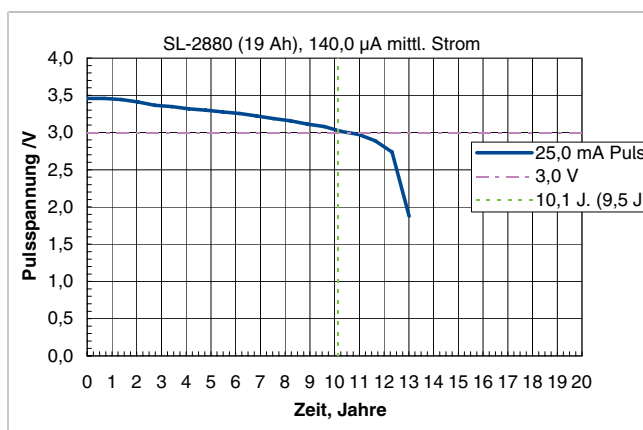
System	Spannung je Zelle	Anzahl Zellen	Kapazität	Lebensdauer /Jahre
BR-, CR-Batterie	2,7 ... 3,0 V	s2p2 C	10 Ah	5 – 10 Jahre
LTC-Batterie	3,2 ... 3,6 V	s1p1 D	19 Ah	ca. 10 Jahre
LTC-Batterie mit Kondensator *)	3,2 ... 3,6 V	s1p1 D	19 Ah	10 – 20 Jahre

\*) für verbesserte Kapazitätsausnutzung

Tabelle 7  
Batteriesysteme für Zähler mit Radiomodul und Absperrventil

Aufgrund der geforderten Spannungslage wären bei Verwendung einer 3 Volt Batterie des BR- oder CR-Systems zwei Zellen in Serienschaltung erforderlich. Alternativ könnte ein Spannungswandler (Ladungspumpe) eingesetzt werden. Um die geforderte Kapazität zu erreichen, müssten wiederum jeweils zwei Zellen der Baugröße C parallel geschaltet werden. Demgegenüber können die Anforderungen von nur einer Zelle des LTC-Systems erfüllt werden. Idealerweise sollte ein Kondensator parallel geschaltet werden, und zwar einmal zur Verbesserung der Spannungslage und dann auch um eine längere Lebensdauer zu erreichen. Dieser sollte so bemessen sein, dass er die auftretenden Strompulse vollständig abpuffern kann.

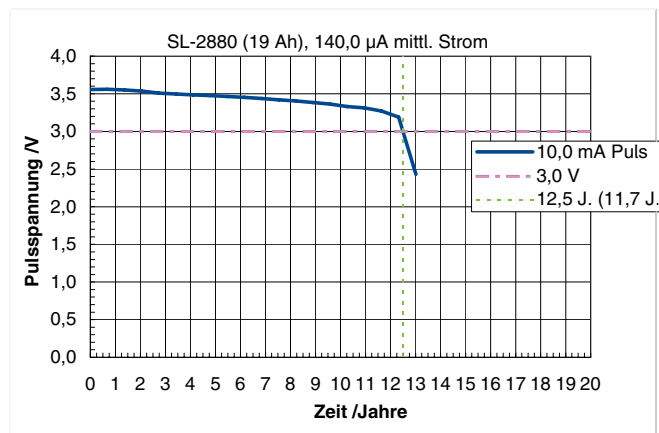
Aus Langzeitmessungen wie der in [Abbildung 5](#) gezeigten ist im Laufe der letzten 20 Jahre eine Datenbasis aufgebaut worden, die es erlaubt, anhand einer Modellrechnung Voraussagen über die Batterielebensdauer und Spannungslage beim Langzeiteinsatz von Lithium-Thionylchlorid-Batterien zu machen. Das verwendete Modell berücksichtigt unter anderem die Einflüsse von Durchschnittsstrom, Pulsstrom und des Temperaturprofils auf die Selbstentladung und die Entwicklung des Innenwiderstandes der Batterie. Im Ergebnis erhält man für die Anforderungen der [Tabelle 6](#) eine berechnete Entladekurve wie sie in [Abbildung 7](#) wiedergegeben ist.



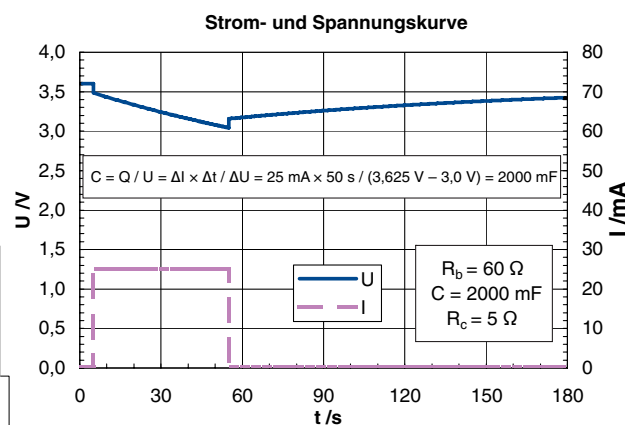
**Abbildung 7**  
Modellrechnung mit einer D-Zelle, System Lithium-Thionylchlorid

Man erkennt, dass im Anwendungsbeispiel die Batteriespannung voraussichtlich nach etwa 10 Jahren unter den Mindestwert von 3,0 Volt sinken wird, obwohl die Batteriekapazität noch für weitere 2 bis 3 Jahre ausreichen würde. Das liegt am Anstieg des Innenwiderstandes. [Abbildung 8](#) zeigt, wie sich die Situation verbessert, wenn ein

Kondensator geeigneter Größe parallel geschaltet wird. Wenn der Kondensator so groß ist, dass er den größten Strompuls noch vollständig abpuffern kann, so verlagert sich die vorausberechnete Entladekurve so weit nach oben, dass die zu erwartende Betriebsdauer nun 11,7 bis 12 Jahre beträgt.



**Abbildung 8**  
Modellrechnung wie in [Abb. 8](#), jedoch mit parallel geschaltetem Kondensator



**Abbildung 9**  
Berechnung von Kondensatorgröße und Strom-Spannungsverlauf am Kondensator

Die [Abbildung 9](#) gibt die Berechnungsmethode und das Ergebnis für die erforderliche Kondensatorgröße an. Außerdem zeigt sie eine Modellrechnung für Strom- und Spannungsverlauf an dem Kondensator während des größten auftretenden Strompulses. Dazu sind Annahmen für den Innenwiderstand sowohl des Kondensators (5 Ω) als auch der Batterie (60 Ω) erforderlich.

Der vorgeschlagene Kondensator hat mit 2000 mF eine relativ hohe Kapazität. Er belastet die Batterie zusätzlich mit dem Restladestrom (gelegentlich auch als Leckstrom bezeichnet). Zur Absicherung der Batterielebensdauer ist es also sinnvoll, diesen

Restladestrom zu bestimmen, zumal die Datenblätter der Hersteller über diesen Wert oft keine zuverlässigen Aussagen machen. Abbildung 10 zeigt das Ergebnis einer solchen Restladestrom-Bestimmung an einem Kondensator mit 470 mF. Man erkennt, dass der Restladestrom an einer Spannung von 3,67 Volt nach 10 Tagen auf etwa 2  $\mu$ A abgesunken war und weiter abfiel. Im Ergebnis konnte er bei der Berechnung der Batterielebensdauer vernachlässigt werden.

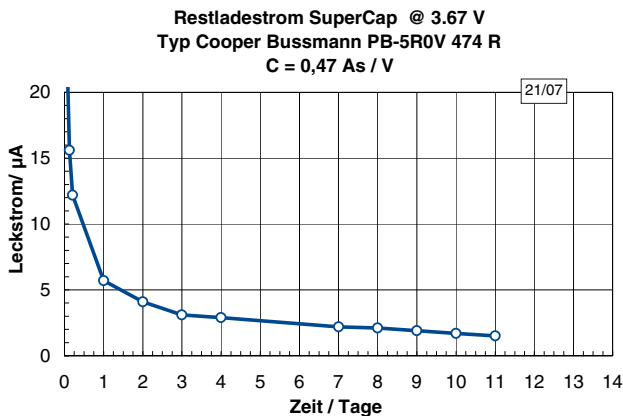


Abbildung 10  
Messung des Restladestroms eines geeigneten Kondensators

### Batterien für GSM-Funkmodule

Bei intelligenten Zählern, die nicht in einem engmaschigen Netzwerk betrieben werden, müssen die Messdaten über weite Strecken übertragen werden. Dafür bietet sich heutzutage das GSM-Netz an, mit dem auch Mobiltelefone betrieben werden. Hierbei treten Stromspitzen im Amperebereich auf, wie in Abbildung 11 dargestellt.

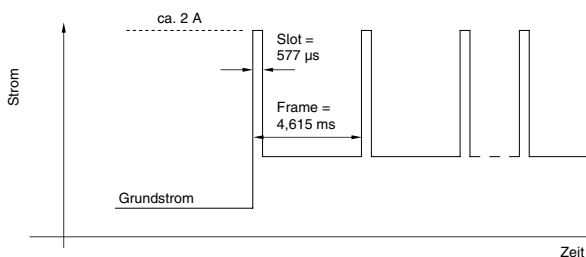


Abbildung 11  
Stromprofil eines GSM-Sendemoduls  
mittlerer Sendestrom 300 mA

Hiermit ergibt sich für ein GSM-Funkmodul zum Beispiel ein Stromprofil gemäß Tabelle 8. In diesem Beispiel werden wöchentlich die gesammelten Daten über das GSM-Netz weitergeleitet. Zu-

sätzlich werden weitere Daten im monatlichen Rhythmus übertragen.

Anwendung	GSM-Modul für Funkübertragung mit DC/DC Wandler
Spannung ( $U_{\min}$ )	2,5 Volt (3,3 Volt für das GSM-Modul)
Betrieb	0 $\mu$ A Dauerstrom; 2500 mA für 577 $\mu$ s bei einem Tastverhältnis von 3 : 16 für 30 s, 78 mal pro Jahr
Mittlerer Strom	35 $\mu$ A
Temperatur	-20 °C ... +40 °C
Lebensdauer	11,5 Jahre
Kapazitätsbedarf	3,5 Ah

Tabelle 8  
Batterieanforderung für ein GSM-Funkmodul mit DC/DC Wandler

System	Spannung je Zelle	Anzahl Zellen	$K_{\text{Nenn}}$	Lebensdauer /Jahre
LTC-Batterie mit Elko *)	2,5 - 3,6 V	s1p2 C	15,4 Ah 2500 $\mu$ F	max. 5
LTC-Batterie mit HLC *)	2,5 - 3,6 V	s1p2 AA	4,8 Ah 155 mAh	10 - 20

\*) zur Anpassung des Innenwiderstandes

Tabelle 9  
Batterien für ein Funkmodul mit DC/DC Wandler

Die Schwierigkeit bei diesem Anwendungsprofil liegt in der enormen Dynamik des Stromprofils (5 Zehnerpotenzen) und der hohen Lebensdaueranforderung. Wie in Tabelle 9 gezeigt, gibt es dafür zwei Lösungsvorschläge, die sich durch die Größe der LTC-Batterien und durch die Kapazität und Technologie des eingesetzten Kondensators unterscheiden. Bei der ersten Lösung werden 2 C-Zellen in Parallelschaltung eingesetzt und Strompulse über einen Elko von 2500  $\mu$ F abgepuffert. Dadurch muss der mittlere Sendestrom von 300 mA während der Sendeperiode des GSM-Moduls aus der Batterie geliefert werden. Wie Laborversuche und Modellrechnung zeigen, ist es erforderlich, den mittleren Dauerstrom der Batterie von den geforderten 35  $\mu$ A auf 200  $\mu$ A anzuheben, um auf den Höchstwert der Batterielebensdauer zu kommen. Trotz der hohen Anfangskapazität

zität dieser Variante ist so nur eine Batterielebensdauer von 5 Jahren zu erreichen.

Die Abbildung 12 zeigt das Ergebnis der Modellrechnung.

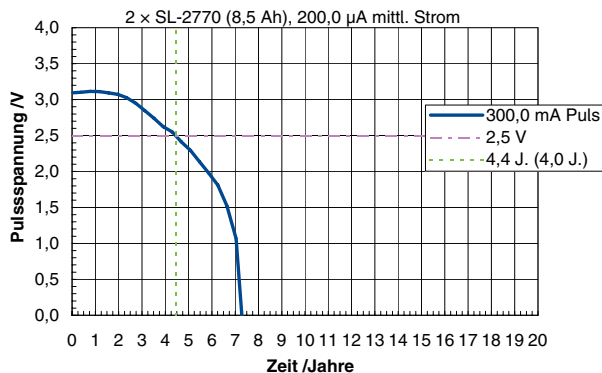


Abbildung 12  
Lebensdauerrechnung für GSM-Modul.  
2 C-Zellen mit Elko

Die zweite Lösung verwendet einen Hybrid-schichtkondensator (*Hybrid Layer Capacitor, HLC*). Diese Technologie ist unter dem Namen *PulsesPlus* Batterie seit 8 Jahren verfügbar [6 - 9]. Ein HLC der Größe AA hat eine Kapazität von 155 mAh und deckt im geforderten Temperaturbereich den gesamten Strombedarf des Funkmoduls während der 30-sekündigen Sendedauer ab. Dadurch kann eine wesentlich kleinere Primärbatterie verwendet werden, in diesem Fall aus 2 Zellen der Größe AA. Die Lösung ist sehr kompakt und vergleichsweise kostengünstig. Die Lebensdauerberechnung (s. Abbildung 13) ergibt, dass die Anforderung von 11,5 Jahren auf diese Weise eingehalten werden kann.

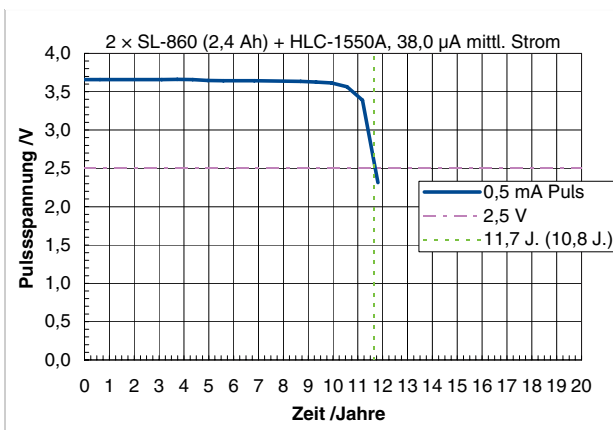


Abbildung 13  
Lebensdauerberechnung für GSM-Modul  
2 AA Zellen mit HLC

Abbildung 14 zeigt den Spannungsverlauf des HLC's beim Betrieb eines GSM-Moduls und bei verschiedenen Temperaturen. Der obere Kurvenzug entspricht jeweils dem Grundstrom beim Senden in Höhe von 150 mA, der untere Kurvenzug dem Spitzenstrom von 2 A.

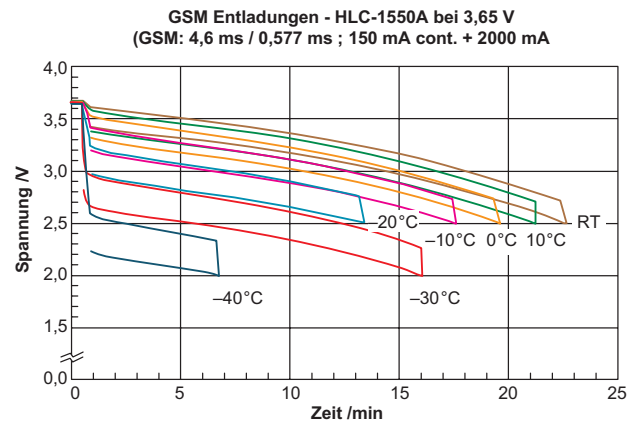


Abbildung 14  
Spannungsverlauf am HLC-1550A bei simuliertem GSM-Betrieb: kontinuierlich 150 mA; 2 A Peak für 577 µs alle 4,6 ms

Natürlich muss auch der Restladestrom des HLC betrachtet werden. Hierzu wurde der Restladestrom über eine Zeitdauer von etwa 3 Jahren bestimmt. Er liegt im Mittel deutlich unter 3 µA, wie die Abbildung 15 zeigt.

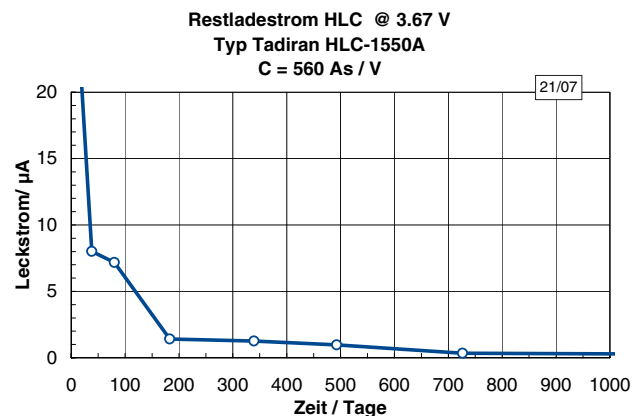


Abbildung 15  
Restladestrom eines HLC-1550A an 3,67 Volt

## Batterievorschläge von Tadiran

Abschließend werden in Tabelle 10 die Batterievorschläge von Tadiran für jedes der 4 Anwendungsbeispiele zusammengefasst. Die Ausführungen in diesem Dokument beziehen sich auf die konkreten Beispiele. Jede Anwendung ist im Detail verschieden und sollte daher individuell optimiert werden. Tadiran bietet eine umfassende technische Anwendungs-Unterstützung an.

Beispiel	Batterie	Nennkapazität	Kondensator	Lebensdauer
Back-up und RTC	<a href="#">SL-350</a>	1,2 Ah	–	10 – 20 Jahre
Zählerfunktion	<a href="#">SL-2880</a>	19 Ah	–	10 – 20 Jahre
Vorkassezähler mit Radiomodul	<a href="#">SL-2880</a>	19 Ah	Elko 2000 mF	10 – 20 Jahre
GSM-Modul	2 × <a href="#">SL-860</a>	2 × 2,4 Ah	<a href="#">HLC-1550A</a>	10 – 20 Jahre

Tabelle 10  
Batterievorschläge von Tadiran

## Literatur

- [1] S. Darby, *The Effectiveness of Feedback on Energy Consumption. A review for DEFRA of the literature on metering, billing and direct displays*, Environmental Change Institute, University of Oxford, April 2006
- [2] O. Franz, M. Wissner, F. Büllingen, C. Gries, C. Cremer, M. Klobasa, F. Sensfuß, S. Kimpeler, E. Baier, T. Lindner, H. Schäffler, W. Roth, M. Thoma, *Potenziale der Informations- und Kommunikationstechnologien zur Optimierung der Energieversorgung und des Energieverbrauchs (eEnergy)*, Studie für das Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi), wik-Consult, FhG Verbund Energie, Bad Honnef, 21. Dezember 2006
- [3] Europäische Richtlinie 2006/32/EG über *Endenergieeffizienz und Energiedienstleistungen* (L 114/64)
- [4] S. Jacobs, *Utility Meter Operating 20 Years on Original Lithium Battery*, Metering International, 3, 2004,
- [5] *Smart Metering Projects Map*,  
<http://maps.google.com/maps/ms?msa=0&msid=115519311058367534348.0000011362ac6d7d21187>
- [6] US Patent 5,998,052 (Dec. 7, 1999): Composite battery and methods of forming same
- [7] H. Yamin, E. Elster and M. Shlepakov, *Pulses Plus Battery System for High Energy High Power Applications*, The 17th International Seminar on Primary and Secondary Batteries, Fort Lauderdale, Florida, 2000
- [8] H. Yamin, M. Babai, *Hybrid Primary Battery for Applications requiring High Current Pulses*, Proceedings 39<sup>th</sup> Power Sources Conf., June 2000
- [9] C. Menachem, H. Yamin, *PULSES PLUS™ Battery System for Long Term and Wide Operating Temperature Range Applications*, 19<sup>th</sup> Int. Seminar and Exhibit on Primary and Secondary Batteries, March 2002.



Tadiran Batteries GmbH  
Industriestr. 22, 63654 BÜDINGEN, DEUTSCHLAND  
Telefon +49 (0)6042 /954-0  
Fax +49 (0)6042 /954-190  
Email: [info@tadiranbatteries.de](mailto:info@tadiranbatteries.de)  
Internet: [www.tadiranbatteries.de](http://www.tadiranbatteries.de)