

## SUPPORT NOTE

# SN019 | Angst vor Alterung? Die Auswirkungen der Zeit auf Elektrolytkondensatoren



Frank Puhane

### 01. EINLEITUNG

Seit der Entwicklung und Produktion von Elektrolytkondensatoren müssen sich die Anwender mit den Themen Alterung und Lagerfähigkeit dieser Produkte beschäftigen. Elektrolytkondensatoren gibt es schon sehr lange, den rasanten Anstieg gab es jedoch erst ab den 1960er Jahren. Aus dieser Zeit gibt es noch viele „Mythen“ die sich um die Alterung und Lagerfähigkeit dieser Kondensatoren drehen. Das Hauptproblem dieser Zeit bestand in den zur Verfügung stehenden Materialien, die einen deutlich niedrigeren Qualitätsstandard hatten, als die heute verwendeten Materialien. Bei der Alterung sollte zunächst zwischen folgenden Veränderungen des Kondensators unterschieden werden: Änderung der Kapazität, des ESR und des Leckstroms während des Betriebs (mit angelegter Spannung) und Reduktion der Spannungsfestigkeit durch Degradation des Dielektrikums (spannungslose Lagerung). Über die Langzeitlagerfähigkeit von Bauelementen gibt es außerdem einen Leitfadens vom ZVEI. Dieser besagt: Bei der Lagerung eines Aluminium-Elektrolytkondensators können zwei unterschiedliche Effekte die Sperrfähigkeit (Isolationsfähigkeit) des Kondensators nachteilig beeinflussen, die Oxid-Degeneration und die Nachimprägniereffekte. Wird nach längerer Lagerzeit Spannung an den Kondensator angelegt, kann dies zunächst einen erhöhten Regenerations-Leckstrom bewirken. Kurz nach Anlegen einer Gleichspannung ist der Leckstrom relativ hoch und klingt nach einigen Minuten asymptotisch auf ein geringes, vielfach kleineren Leckstrom ab. Nachdem die Aluminium Elektrolytkondensatoren auf der zu bestückenden Leiterplatte montiert wurden, müssen z.B. in der nachfolgenden Inbetriebnahme die erhöhten Leckströme berücksichtigt werden, dem Elektrolytkondensator muss Zeit zum Regenerieren gegeben werden. Können diese Effekte nicht abgefangen werden, muss der Elektrolytkondensator vor der Montage formiert werden.<sup>[1]</sup> Die Formierung ist ein spezielles Verfahren zur Herstellung einer Oxidschicht an der Anodenelektrode. Aber warum treten diese Effekte auf? Auf diese und weitere Fragen soll in dem vorliegenden Dokument eingegangen werden.

### 02. HINTERGRUND

Aufgrund des polaren bzw. nicht symmetrischen Aufbaus eines Elektrolytkondensators werden die Elektroden in Anode und Kathode unterschieden. Bei einem Elektrolytkondensator besteht die Anode aus einer bearbeiteten Metallfolie und der leitfähige Elektrolyt bildet die eigentliche Kathode. Als Dielektrikum (Isolation) zwischen den beiden leitfähigen Elektroden kommt dabei eine Oxidschicht auf der Metallfolie der Anode zum Einsatz. Diese Oxidschicht isoliert die Elektroden zueinander. Die Dicke dieser Oxidschicht ändert sich während des Produktionsprozesses und nimmt während der spannungslosen Lagerung stetig ab. Dadurch erhöht sich der Leckstrom des Kondensators. Elektrolytkondensatoren können in ihrem Aufbau anhand zwei wesentlichen Kriterien unterschieden werden. Diese sind das verwendete Elektrodenmaterial (wie z.B. Tantal oder Niob) und die Eigenschaft des Elektrolyten. Der Elektrolyt kann flüssig oder ein Feststoff sein. Mit Angabe der relativen Permittivität der unterschiedlichen Dielektrika wird klar, dass die zu erreichende Kapazität je Volumen stark vom verwendeten Dielektrikum abhängt. Dies ist in Abbildung 1 dargestellt.

Der Aluminium-Elektrolyt- und Aluminium-Polymerkondensator sind Wickelkondensatoren. Die Anschlusspins sind an die jeweilige Metallfolie durch ein spezielles Verfahren kontaktiert. Die in Abbildung 2 dargestellte Papierlage, welche auch als Separator bezeichnet wird, ist final vollständig mit dem Elektrolyten getränkt und hat neben der Speicherung des Elektrolyten die Funktion die Metallfolien räumlich zu trennen, sie elektrisch zu isolieren und vor Beschädigung zu schützen. Oft wird die Elektrodenfolie mit der Kathode verwechselt, die Elektrodenfolie stellt aber nur die elektrische Anbindung zur eigentlichen Kathode, dem Elektrolyten, her. Die Oxidschicht wird durch einen speziellen elektrochemischen Prozess erzeugt, welcher als Formierung bezeichnet wird. In diesem Prozess wird durch anlegen der so genannten Formierspannung die Oxidschicht erzeugt. Je stärker die Oxidschicht ist, desto höher ist die Spannung, die an dieser Schicht abgebaut werden kann.

# SUPPORT NOTE

## SN019 | Angst vor Alterung? Die Auswirkungen der Zeit auf Elektrolytkondensatoren



Anoden Elektroden Material	Dielektrikum	relativen Permittivität ( $\epsilon_r$ ) at +20 °C
Al - Aluminium	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> - Aluminiumoxid	9,3
Ta - Tantal	Ta <sub>2</sub> O <sub>5</sub> - Tantalpentoxid	26
Nb - Niob	Nb <sub>2</sub> O <sub>5</sub> - Niobpentoxid	42

Abbildung 1: Übersicht der Elektrodenmaterialien und den zugehörigen Dielektrika

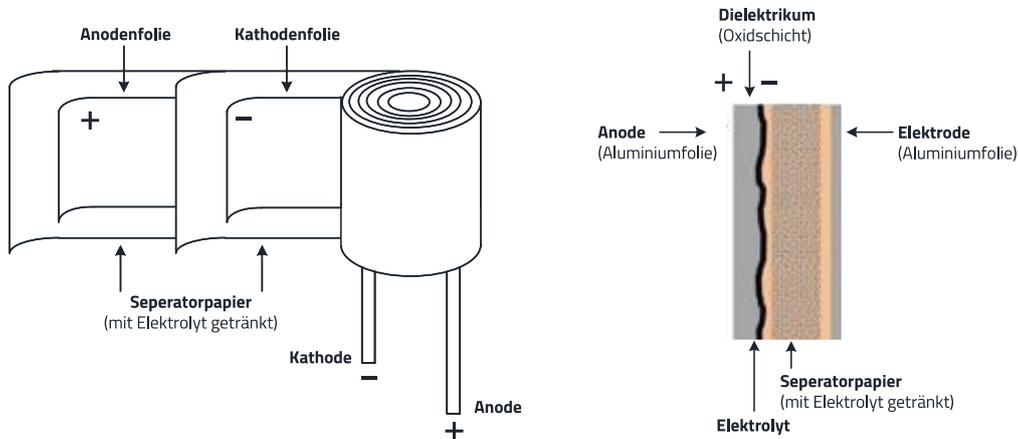


Abbildung 2: Aufbau eines Elektrolytkondensators

Nach diesem Prozess beginnt ein sehr langsamer Abbau dieser Oxidschicht, wenn keine Spannung angelegt wird. Je länger der Kondensator spannungslos ist, desto dünner wird die Oxidschicht und demnach sinkt auch die Spannungsfestigkeit. Dadurch erhöht sich ebenso der Leckstrom des Kondensators. Sobald wieder Spannung angelegt wird, baut sich die Oxidschicht wieder auf, der Leckstrom nimmt ab und die Spannungsfestigkeit kehrt auf das normale Niveau zurück. Jedoch nie, wie nach der initialen Produktion. Die Formierspannung kann bis zu 30% über der eigentlichen Nennspannung des Kondensators liegen. Damit ist die Oxidschicht ebenso bis zu 30% stärker. Die entstehende Dicke der Oxidschicht ist proportional zur angelegten Spannung (Abbildung 3). Die Anodenfolie wird je nach angestrebtem Einsatz (Arbeitsspannung bzw. Nennspannung) rauer oder glatter ausgeführt.

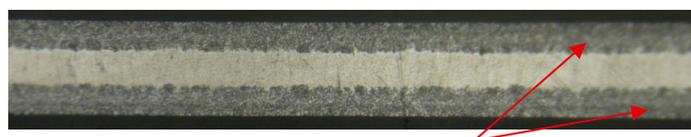


Abbildung 3: Aluminiumfolie mit Oxidschicht

### 2.1 Was passiert im Betrieb mit angelegter Spannung?

Elektrolytkondensatoren werden überall in der Elektronik eingesetzt. Durch die angelegte Spannung stellt sich eine gewisse Temperatur im Bauteil ein. Diese Temperatur setzt sich aus einer höheren Kerntemperatur des Kondensatorelements und einer entsprechend niedrigeren Temperatur an der Bauteiloberfläche zusammen. Die Umgebungstemperatur wird durch mehrere Aspekte beeinflusst, sowohl durch die von den Bauteilen erzeugte Wärme als auch durch die Wärme aus der Umgebung. Für die Berechnung der erwarteten Lebensdauer spielen auch noch weitere Faktoren wie Ripplestrom und Frequenz eine Rolle.

Der einfache Zusammenhang zwischen erwarteter Lebensdauer und Betriebstemperatur wird über die Arrhenius-Gleichung definiert.

$$L_X = L_{nom} \cdot 2 \cdot \frac{T_0 - T_A}{10} \quad (1)$$

mit  $L_{nom}$  = definierte Lebensdauer,  $T_0$  = obere Temperaturgrenze,  $T_A$  = Applikationstemperatur.

Je nachdem unter welchen Bedingungen der Kondensator betrieben wird, verringert sich die Menge des Elektrolyten durch Selbstheilung der Oxidschicht (z.B. Beschädigung durch Überspannung), durch Austrocknung oder durch Diffundieren durch den Verschlussstopfen.

### 2.2 Was passiert bei der spannungslosen Lagerung?

Die Lagerbedingungen von Elektrolytkondensatoren sind im Datenblatt definiert. Diese Bedingungen sind: Temperatur zwischen 5 °C und 35 °C bei einer Luftfeuchtigkeit von 10% bis 75%. Die Qualität der Oxidschicht kann sich bei Lagerung ohne extern angelegte Spannung insbesondere bei höheren Temperaturen verschlechtern, da in diesem Fall kein Leckstrom vorhanden ist. Dadurch wird die Oxidschicht nicht regeneriert. Das Ergebnis ist ein erhöhter Leckstrom, wenn nach längerer Lagerung eine Spannung angelegt wird. Des Weiteren kann es zu Verfärbungen d.h. Oxidation der Anschlüsse kommen, wenn der Kondensator längere Zeit hoher Luftfeuchtigkeit ausgesetzt wird. Dies kann dann zu einer schlechten Lötbarkeit führen. Die durchschnittlichen Lagerbedingungen bei der Würth Elektronik sind: Temperatur = 22,48 °C und Luftfeuchtigkeit = 37,51%. Die Lagerfähigkeit des Kondensators wird über die so genannte Shelf Life definiert. Tabelle 1 zeigt weitere Informationen. Die Shelf Life simuliert die Alterung des Kondensators unter Einfluss der Temperatur ohne eine elektrische Belastung

(Spannung, Strom). Die elektrischen Parameter des Kondensators werden im Anschluss nach einer Formierung und bei einer Raumtemperatur von 20 °C erneut gemessen.

### 2.3 Was ist Oxid-Degeneration?

Der ZVEI Leitfaden beschreibt die Oxid-Degradation wie folgt: „Je nach Elektrolytklasse und Temperatur können ionische Bestandteile des Elektrolyten in das Dielektrikum beziehungsweise Oxid diffundieren und die Oxid-Kristallstruktur verändern. Es entstehen elektrische Fehlstellen und ionische Ladungsträger im Oxid.“ [1] Elektrolyte auf Basis des Lösemittels Glykol weisen einen erhöhten Leckstrom auf. Der Vorteil dieses Elektrolyten liegt in der Fähigkeit Fehlstellen in der Oxidschicht bei einem Stromfluss zu reparieren. Dadurch kommen diese Elektrolyte hauptsächlich in Hochspannungs-Aluminium-Elektrolytkondensatoren zum Einsatz. Im Niederspannungsbereich ist die Oxidschicht homogener, daher werden hier Elektrolyte mit dem Lösemittel Gamma-Butyrolacton verwendet. Dieses Lösemittel erzeugt eine zuverlässige und spannungsfeste Oxidschicht. Ein Vorteil des Gamma-Butyrolacton ist, dass diese Lösemittel fast nicht in die Oxidschicht eindringt. Dadurch kann eine lange spannungslose Lagerung erreicht werden, da die Oxidschicht auch nach längerer Zeit noch eine gute Isolierung aufweist. Wird während einer Messung des Leckstroms nach längerer spannungslosen Lagerung vorübergehend erhöhte Stromwerte festgestellt, liegt es an den Nachimprägniereffekten.

Test Bedingung	Endurance	Shelf Life
Lebensdauer	2000 h @ 85 °C	1000 h @ 85 °C
Spannung	$U_{R \text{ applied}}$	keine
Strom	keiner	keiner
$\Delta C$	$\leq \pm 25\%$ des Anfangsmesswertes	$\leq \pm 25\%$ des Anfangsmesswertes
DF	$\leq 200\%$ des anfänglich angegebenen Wertes	$\leq 200\%$ des anfänglich angegebenen Wertes
Leckstrom	$\leq$ der anfänglich angegebene Wert	$\leq$ der anfänglich angegebene Wert
Kommentar		Die Vorbehandlung für die Messungen ist nach Anlegen der DC-Arbeitsspannung für 30 min. durchzuführen

Tabelle 1: Beispielhafte Testbedingungen für Endurance und Shelf Life für SMD Elektrolytkondensatoren

### 2.4 Was sind Nachimprägniereffekte?

Der ZVEI Leitfadens beschreibt die Nachimprägniereffekte wie folgt: „Das Oxid kann im Bauelement nur dort elektrochemisch ausformiert werden, wo es auch mit Elektrolyt bedeckt und über den Elektrolyten mit der Kathodenfolie elektrisch verbunden ist. Das heißt, an diesen Stellen kann der nötige Formierstrom fließen. Dies ist in einem neuen Kondensator bei mehr als 99,9% der zu formierenden Oxidfläche der Fall.“ [1] Bei Niederspannungs-Aluminium-Elektrolytkondensatoren mit Lösemittel-Elektrolyte wie z.B. Gamma-Butyrolacton geht man davon aus, dass sich die Oxidschicht in alle Bereiche der Anodenfolie entsprechend der angelegten Formierungsspannung gebildet und bis zum erstmaligen Einsatz des Kondensators nicht abgebaut hat. Daher sollten diese Kondensatoren einen sehr geringen Reststrom aufweisen. Die Nachimprägniereffekte treten im Prinzip ebenso bei Hochspannungs-Aluminium-Elektrolytkondensatoren auf, sind jedoch vernachlässigbar, da die Auswirkungen der Oxid-Degradation dominieren. Trotzdem kann eine Formierung von Vorteil sein, da durch die Formierung die Oxidschicht stabiler und somit der resultierende Leckstrom kleiner wird (wenn auch nur minimal).

### 03.GEGENMAßNAHMEN UND MESSUNGEN

Bei Produkten der Würth Elektronik werden Ethyleneglycol und Gamma-Butyrolacton im Elektrolyte eingesetzt. Diese weisen unterschiedliche Eigenschaften auf. Dadurch, dass sich die Stärke der Oxidschicht ändert, kann durch eine längere spannungslose Lagerung die Kapazität ansteigen und der ESR geringer werden. Der Leckstrom bietet hier eine verlässliche Grundlage um den Zustand der Oxidschicht zu ermitteln. Durch anlegen der Nennspannung über einen 10 kΩ Widerstand stabilisiert sich die Oxidschicht, die Spannungsfestigkeit und auch der Leckstrom kehrt auf das Ausgangsniveau zurück. Grundsätzlich verringert sich der Leckstrom nach Anlegen einer Spannung. Im Datenblatt werden Leckströme nach typisch 120 Sekunden angegeben. Abbildung 4 zeigt den Verlauf des Leckstrom über 2 min. mit angelegter Nennspannung ( $U_R = 10 V_{DC}$  und  $I_{LEAKmax} = 100 \mu A$  nach 2 min.)

Würth Elektronik hat den sog. „Electrical Property Check“ etabliert, um die elektrischen Parameter von Elektrolytkondensatoren zu überprüfen. Ergebnisse dieser ausgiebigen Testreihen sind auf Anfragen verfügbar. Um zu zeigen, wie sich die Eigenschaften der Kondensatoren im Laufe der Zeit verändern, wurden die elektrischen Parameter eines Aluminium-Elektrolyt- und eines Aluminium-Polymer-Kondensators nach fünf Jahren Lagerung gemessen.

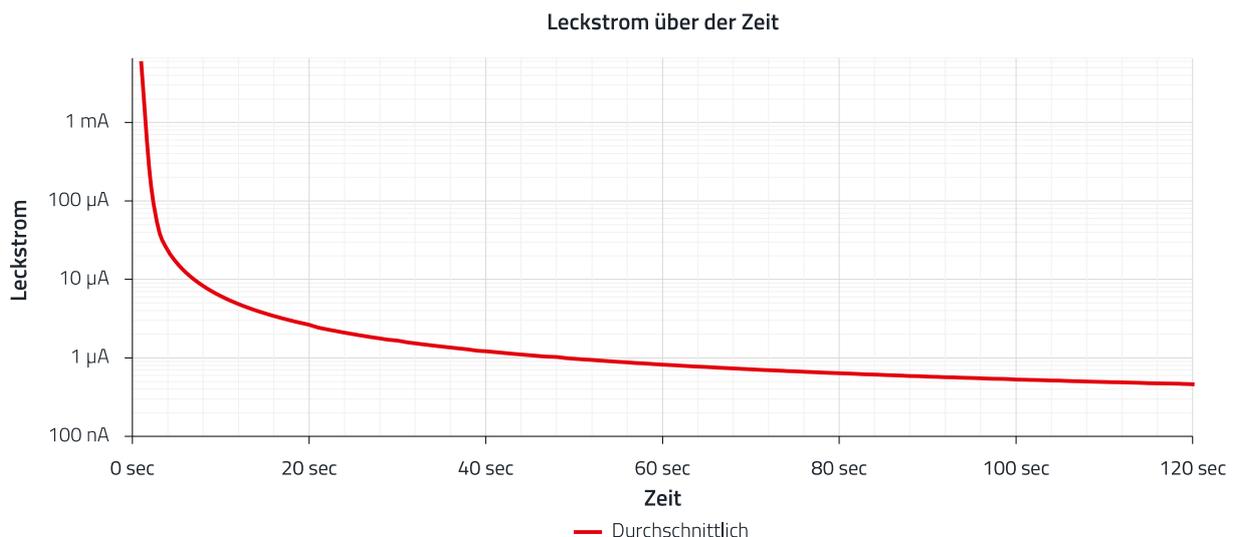


Abbildung 4: Durchschnittlicher Leckstrom von 10 Kondensatoren, gemessen über 2 Minuten

## SUPPORT NOTE

### SN019 | Angst vor Alterung? Die Auswirkungen der Zeit auf Elektrolytkondensatoren

Abbildung 5, Abbildung 6 und Abbildung 7 zeigen die Messergebnisse für den Aluminium-Elektrolytkondensator und Abbildung 8, Abbildung 9 und Abbildung 10 zeigen die Messergebnisse für den Aluminium-Polymer-Kondensator. Ein weiterer Punkt, der die Lagerfähigkeit beeinflusst ist die Lötbarkeit der Bauteile. Durch eine längere Lagerzeit kann sich die Benetzbarkeit der Lötanschlüsse verändern und einen Einfluss auf die Verarbeitbarkeit der Bauteile haben.

Auch hier haben Testreihen gezeigt, dass die idealen Lagerbedingungen und die Qualität der verwendeten Materialien keine negativen Ergebnisse zulassen. Alle im Dokument beschriebenen Aspekte beschreiben physikalische Effekte, wie sie bei jedem Kondensator in der jeweiligen Technologie auftreten. Die in diesem Dokument beschriebenen Informationen gelten allgemein und stellen keine Datenblatterweiterung dar.

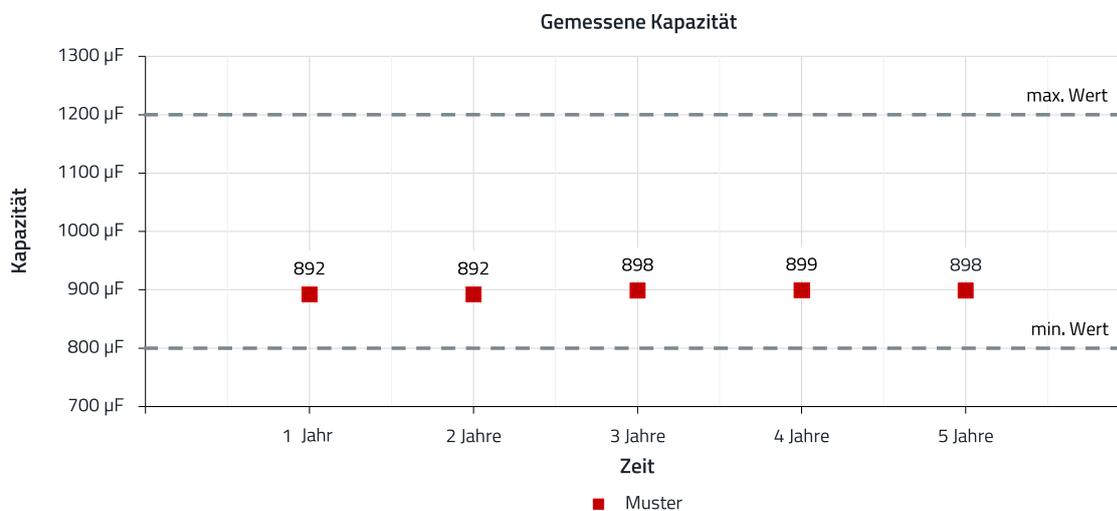


Abbildung 5: Kapazität nach fünf Jahren Lagerung von fünf Mustern. Die Nennkapazität beträgt 1000 µF (Aluminium-Elektrolytkondensator)

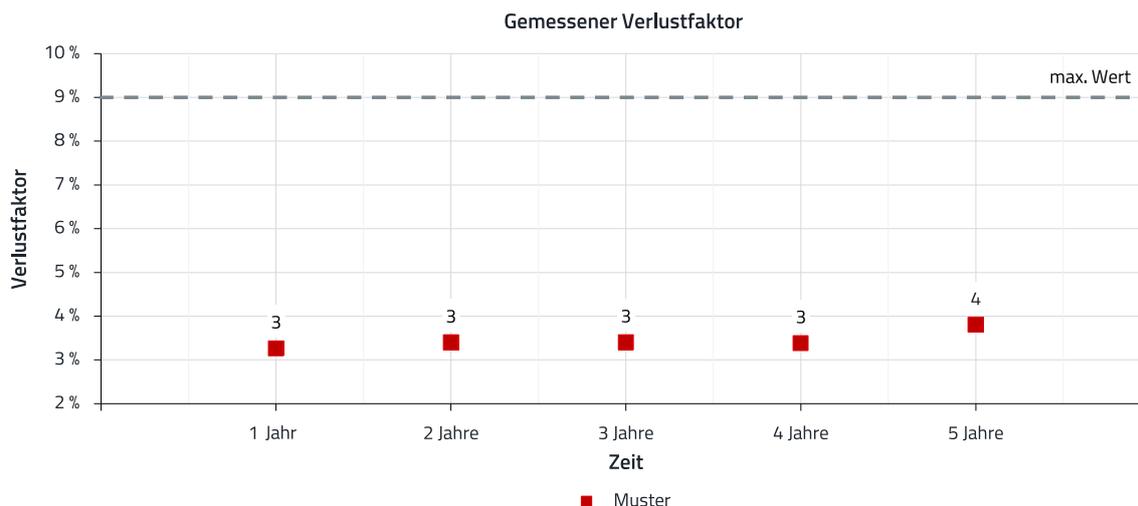


Abbildung 6: Verlustfaktor nach fünf Jahren Lagerung von fünf Mustern. Der maximal spezifizierte DF beträgt 9% (Aluminium-Elektrolytkondensator)

## SUPPORT NOTE

### SN019 | Angst vor Alterung? Die Auswirkungen der Zeit auf Elektrolytkondensatoren

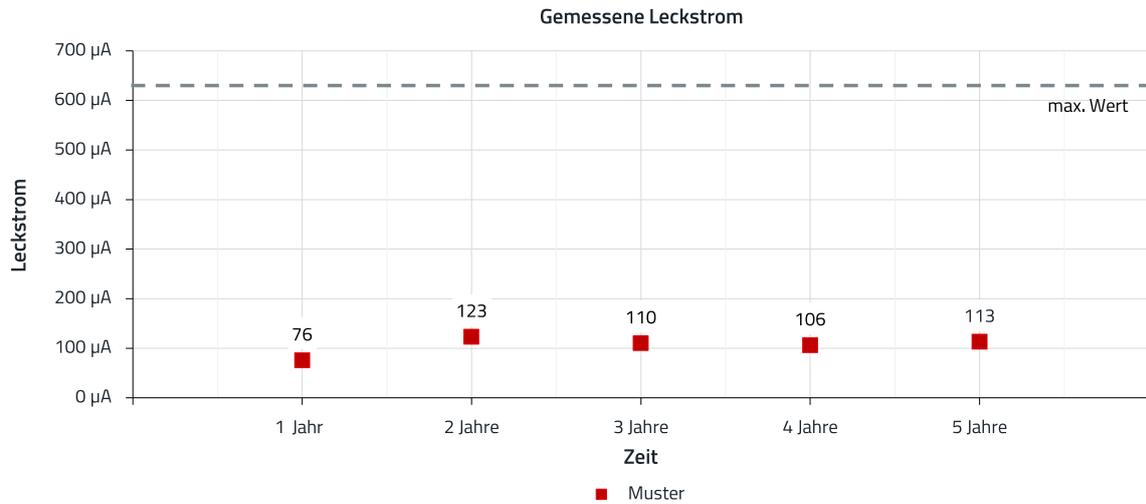


Abbildung 7: Leckstrom nach fünf Jahren Lagerung von fünf Mustern. Der maximal spezifizierte Leckstrom beträgt 559 µA (Aluminium-Elektrolytkondensator)

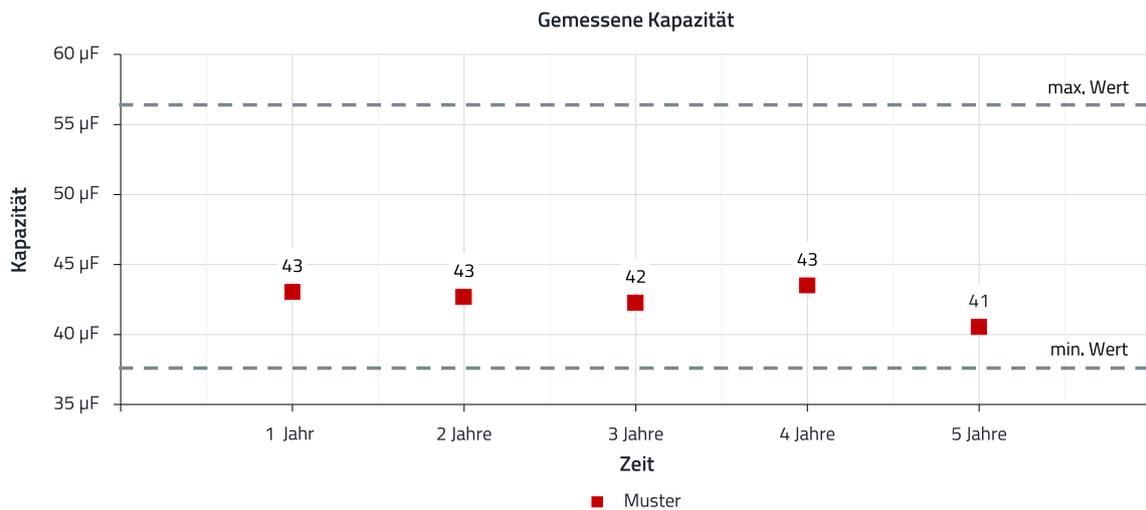


Abbildung 8: Kapazität nach fünf Jahren Lagerung von fünf Mustern. Die Nennkapazität beträgt 47 µF (Aluminium Polymer-Kondensator)

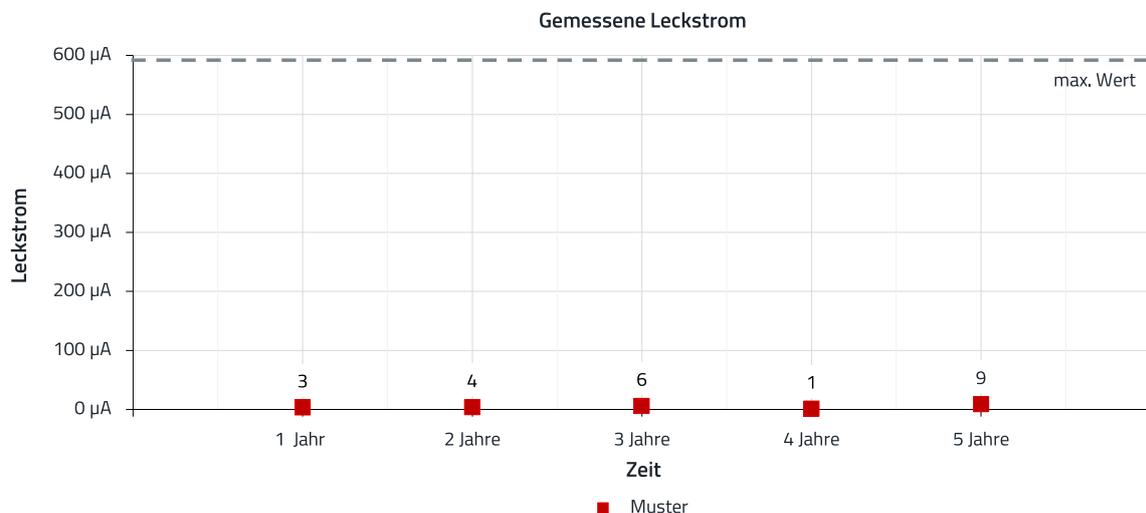


Abbildung 9: Leckstrom nach fünf Jahren Lagerung von fünf Mustern. Der maximal spezifizierte Leckstrom beträgt 559 µA (Aluminium-Polymer-Kondensator)

## SUPPORT NOTE

### SN019 | Angst vor Alterung? Die Auswirkungen der Zeit auf Elektrolytkondensatoren

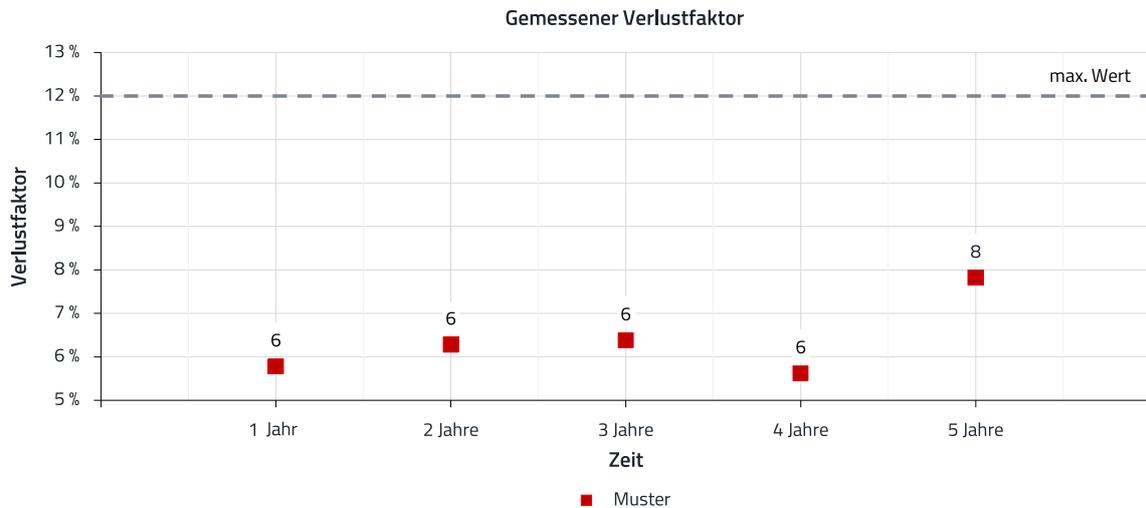


Abbildung 10: Verlustfaktor nach fünf Jahren Lagerung von fünf Mustern. Der maximal spezifizierte DF beträgt 12% (Aluminium-Polymer-Kondensator)

#### 04.ZUSAMMENFASSUNG

Kondensatoren haben, ähnlich wie viele andere Bauteile, eine bestimmte Lebensdauer mit einer sich im Laufe der Zeit ändernden Performance. Die Zeitspanne ist stark abhängig von der Qualität der verwendeten Materialien, den Lagerungsbedingungen vor dem Einsatz in einer Anwendung und der Position auf der Leiterplatte. Durch die Platzierung des Bauteils kann auf die gesamte Lebensdauer der Applikation entscheidend Einfluss genommen werden. Die Temperatur am und im Bauteil definiert maßgeblich die Lebensdauer. Diese Temperatur kann durch einen Wärmestau über die in der Applikation definierten Temperaturen steigen oder durch eine aktive Kühlung auf einem definierten Level gehalten werden. Mehr Information über das Thema Aluminium-Elektrolyt- und Aluminium Polymerkondensatoren sind in der Application Note [ANP071](#) enthalten. Mehr Informationen speziell zu dem Thema erwartete Lebensdauer sind in der Support Note [SN008](#)

enthalten. Durch sachgemäße Handhabung und Einhaltung der Vorgaben die im Datenblatt definiert sind, kann der Elektrolytkondensator ein verlässlicher und langlebiger Begleiter sein. Der Verlust der Kapazität und der Anstieg des ESR im Betrieb können durch eine durchdachte Dimensionierung des Bauteils abgefangen werden. Eine längere spannungslose Lagerung ist möglich. Egal, ob die Kondensatoren in der Originalverpackung oder schon im eingebauten Zustand gelagert werden, die Degradation der Oxidschicht und die damit einhergehende Verringerung der maximalen Spannung, die der Kondensator im Augenblick des Einschaltens nach längerer spannungsloser Lagerung abbauen kann, muss berücksichtigt werden. Der erhöhte Leckstrom im Einschaltmoment muss von der Applikation tolerierbar sein, damit ein reibungsfreies „erstes Einschalten“ des Gerätes möglich ist. Eine vorgelagerte Formierung der Kondensatoren ist ebenso möglich. Die genaue Beschreibung hierfür liefert das Datenblatt.

## **A Anhang**

### **A.1 Literatur**

- <sup>[1]</sup> ZVEI Leitfaden Langzeitlagerfähigkeit von Bauelementen, Baugruppen und Geräten [Leitfaden Langzeitlagerfähigkeit von Bauelementen, Baugruppen und Geräten \(zvei.org\)](#)

# SUPPORT NOTE

## SN019 | Angst vor Alterung? Die Auswirkungen der Zeit auf Elektrolytkondensatoren

### WICHTIGER HINWEIS

Der Anwendungshinweis basiert auf unserem aktuellen Wissens- und Erfahrungsstand, dient als allgemeine Information und ist keine Zusicherung der Würth Elektronik eiSos GmbH & Co. KG zur Eignung des Produktes für Kundenanwendungen. Der Anwendungshinweis kann ohne Bekanntgabe verändert werden. Dieses Dokument und Teile hiervon dürfen nicht ohne schriftliche Genehmigung vervielfältigt oder kopiert werden. Würth Elektronik eiSos GmbH & Co. KG und seine Partner- und Tochtergesellschaften (nachfolgend gemeinsam als „WE“ genannt) sind für eine anwendungsbezogene Unterstützung jeglicher Art nicht haftbar. Kunden sind berechtigt, die Unterstützung und Produktempfehlungen von WE für eigene Anwendungen und Entwürfe zu nutzen. Die Verantwortung für die Anwendbarkeit und die Verwendung von WE-Produkten in einem bestimmten Entwurf trägt in jedem Fall ausschließlich der Kunde. Aufgrund dieser Tatsache ist es Aufgabe des Kunden, erforderlichenfalls Untersuchungen anzustellen und zu entscheiden, ob das Gerät mit den in der Produktspezifikation beschriebenen spezifischen Produktmerkmalen für die jeweilige Kundenanwendung zulässig und geeignet ist oder nicht. Die technischen Daten sind im aktuellen Datenblatt zum Produkt angegeben. Aus diesem Grund muss der Kunde die Datenblätter verwenden und wird ausdrücklich auf die Tatsache hingewiesen, dass er dafür Sorge zu tragen hat, die Datenblätter auf Aktualität zu prüfen. Die aktuellen Datenblätter können von [www.we-online.com](http://www.we-online.com) heruntergeladen werden. Der Kunde muss produktspezifische Anmerkungen und Warnhinweise strikt beachten. WE behält sich das Recht vor, an seinen Produkten und Dienstleistungen Korrekturen, Modifikationen, Erweiterungen, Verbesserungen und sonstige Änderungen vorzunehmen. Lizenzen oder sonstige Rechte, gleich welcher Art, insbesondere an Patenten, Gebrauchsmustern, Marken, Urheber- oder sonstigen gewerblichen Schutzrechten werden hierdurch weder eingeräumt noch ergibt sich hieraus eine

entsprechende Pflicht, derartige Rechte einzuräumen. Durch Veröffentlichung von Informationen zu Produkten oder Dienstleistungen Dritter gewährt WE weder eine Lizenz zur Verwendung solcher Produkte oder Dienstleistungen noch eine Garantie oder Billigung derselben.

Die Verwendung von WE-Produkten in sicherheitskritischen oder solchen Anwendungen, bei denen aufgrund eines Produktausfalls sich schwere Personenschäden oder Todesfällen ergeben können, sind unzulässig. Des Weiteren sind WE-Produkte für den Einsatz in Bereichen wie Militärtechnik, Luft- und Raumfahrt, Nuklearsteuerung, Marine, Verkehrswesen (Steuerung von Kfz, Zügen oder Schiffen), Verkehrssignalanlagen, Katastrophenschutz, Medizintechnik, öffentlichen Informationsnetzwerken usw. weder ausgelegt noch vorgesehen. Der Kunde muss WE über die Absicht eines solchen Einsatzes vor Beginn der Planungsphase (Design-In-Phase) informieren. Bei Kundenanwendungen, die ein Höchstmaß an Sicherheit erfordern und die bei Fehlfunktionen oder Ausfall eines elektronischen Bauteils Leib und Leben gefährden können, muss der Kunde sicherstellen, dass er über das erforderliche Fachwissen zu sicherheitstechnischen und rechtlichen Auswirkungen seiner Anwendungen verfügt. Der Kunde bestätigt und erklärt sich damit einverstanden, dass er ungeachtet aller anwendungsbezogenen Informationen und Unterstützung, die ihm durch WE gewährt wird, die Gesamtverantwortung für alle rechtlichen, gesetzlichen und sicherheitsbezogenen Anforderungen im Zusammenhang mit seinen Produkten und der Verwendung von WE-Produkten in solchen sicherheitskritischen Anwendungen trägt.

Der Kunde hält WE schad- und klaglos bei allen Schadensansprüchen, die durch derartige sicherheitskritische Kundenanwendungen entstanden sind.

### NÜTZLICHE LINKS



Application Notes  
[www.we-online.com/appnotes](http://www.we-online.com/appnotes)



**REDEXPERT** Design Platform  
[www.we-online.com/redexpert](http://www.we-online.com/redexpert)



Toolbox  
[www.we-online.com/toolbox](http://www.we-online.com/toolbox)



Produkt Katalog  
[www.we-online.com/products](http://www.we-online.com/products)

### KONTAKT INFORMATION



[appnotes@we-online.com](mailto:appnotes@we-online.com)  
Tel. +49 7942 945 - 0



Würth Elektronik eiSos GmbH & Co. KG  
Max-Eyth-Str. 1 · 74638 Waldenburg  
Germany  
[www.we-online.com](http://www.we-online.com)