

## FORMELZEICHEN UND BEGRIFFE / SYMBOL AND TERMS

Formelzeichen Symbol	Deutsch German	Englisch English
C	Kapazität	Capacitance
$C_R, C_N$	Nennkapazität	Rated capacitance
$\Delta C_R$	Kapazitätstoleranz	Capacitance tolerance
$C_S$	Serienkapazität	Series capacitance
$C_{S,T}$	Serienkapazität bei Temperatur T	Series capacitance at temperature T
$C_f$	Kapazität bei Frequenz f	Capacitance at frequency f
U	Spannung	Voltage
$U_R$	Nennspannung	Rated voltage
$U_S$	Spitzenspannung	Surge voltage
$U_B$	Betriebsspannung	Operating voltage, Working voltage
$U_{RPL}$	Überlagerte Wechselfspannung	Superimposed AC ripple voltage
$U_F$	Formierspannung	Forming voltage
$U_{REV}$	Umpolspannung, Falschpolspannung	Reverse voltage
$U_{TS}$	Transientenspannung	Transient overvoltage
$I, I_{AC}, I_{rms}$	Wechselstrom	Alternating current
$I_{AC,R}, I_{AC,Nenn}$	Nennwechselstrom, überlagerter Wechselstrom	Rated alternating current, Ripple current
$I_f$	Wechselstrom bei Frequenz f	Ripple current at frequency f
$I_{AC,max}$	Max. zulässiger Wechselstrom	Max. permissible ripple current
$I_L, I_{leak}$	Reststrom	Leakage current
$I_{Lt}$	Abnahmereststrom	Leakage current for acceptance test
$I_{LB}, I_{OP}$	Betriebsreststrom	Operating leakage current
R	Widerstand	Resistance
$R_{ESR}, ESR$	äquivalenter Serienwiderstand	Equivalent series resistance
$R_{ins}$	Isolationswiderstand	Insulation resistance
$R_{Symm}$	Symmetrierwiderstand	Balancing resistance
$L_{ESL}, ESL$	Eigeninduktivität des Kondensators	Capacitor self-inductance
$\tan \delta$	Verlustfaktor	Dissipation factor DF (tangent of loss angle)
Z	Scheinwiderstand, Impedanz	Impedance
X	Blindwiderstand, Reaktanz	Reactance
$X_C, Z_C$	kapazitiver Blindwiderstand	Capacitive reactance
$X_L, Z_L$	induktiver Blindwiderstand	Inductive reactance
T	Temperatur	Temperature
$T_U, T_A$	Umgebungstemperatur	Ambient temperature
$T_O$	Oberflächentemperatur	Surface temperature
$\Delta T$	Temperaturdifferenz, Eigenerwärmung	Temperature difference, Temperature rise
$T_{OK}$	Obere Kategorietemperatur	Upper category temperature
t	Zeit	Time
$\Delta t$	Zeitraum	Period
$t_b, B$	Brauchbarkeitsdauer	Useful life, load life, service life
f	Frequenz	Frequency
$\omega$	Kreisfrequenz; $2 \cdot \pi \cdot f$	Angular frequency; $2 \cdot \pi \cdot f$
$F_O$	Kondensatoroberfläche	Case surface area
$\lambda$	Ausfallrate (1 fit = $1 \cdot 10^{-9}/h$ )	Failure rate (1 fit = $1 \cdot 10^{-9}/h$ ); fit = failure in time

### SPANNUNG / VOLTAGE

#### Nenn- und Betriebsspannung $U_R$ / Rated- and Operating Voltage $U_R$

Die Nennspannung  $U_R$  ist die nominale Spannung, für die der Kondensator gebaut und nach der er benannt ist. Die Betriebsspannung darf kleiner, aber nicht größer als die Nennspannung sein. Durch Herabsetzen der Betriebsspannung nimmt die Brauchbarkeitsdauer jedoch nur unwesentlich zu.

Im gesamten Betriebstemperaturbereich dürfen die Kondensatoren mit der vollen Nennspannung belastet werden. Bei überlagerter Wechselspannung darf der Spitzenwert der Spannung diesen Nennspannungswert nicht überschreiten.

The rated voltage  $U_R$  is the nominal voltage for the capacitor has been designed and marked on the capacitor. The operating voltage can be lower, but not higher than the rated voltage. By the reduction of the operating voltage does not significantly increase the useful life.

The capacitors can be operated at full rated voltage at any temperature between the lower category temperature and the rated temperature. A superimposed alternating voltage which may be applied continuously to a capacitor, the peak voltage shall not exceed this nominal voltage value.

#### Spitzenspannung $U_S$ / Surge Voltage $U_S$

Die Spitzenspannung  $U_S$  ist die höchste Spannung, die kurzzeitig – während einer Stunde höchstens 5-mal bis zu einer Dauer von je einer Minute – am Kondensator anliegen darf.

Für periodische Auf- und Entladungen darf die Spitzenspannung nicht in Anspruch genommen werden.

The surge voltage  $U_S$  is the maximum voltage which may be applied to the capacitor input up to 5 times during 1 hour of a period for 1 minute.

For periodic charge- and discharge, the surge voltage may not be used.

IEC 60384-4 definiert die Spitzenspannung wie folgt: / IEC 60384-4 specifies the surge voltage as follows:

$$\begin{aligned} U_R \leq 315 \text{ VDC} : U_S &= 1,15 \times U_R & (5\text{-mal je 1 Minute pro Stunde} / 5 \text{ times in 1 minute per hour}) \\ U_R > 315 \text{ VDC} : U_S &= 1,10 \times U_R & (5\text{-mal je 1 Minute pro Stunde} / 5 \text{ times in 1 minute per hour}) \end{aligned}$$

#### Überlagerte Wechselspannung $U_{RPL}$ / Superimposed AC Ripple Voltage $U_{RPL}$

Die überlagerte Wechselspannung ist der Effektivwert der Wechselspannung, mit der der Elektrolyt-Kondensator zusätzlich zu einer Gleichspannung belastet werden darf.

Die Summe der überlagerten Wechselspannung und der Gleichspannung darf die Nennspannung und den Nennwechselstrom nicht überschreiten.

A superimposed alternating voltage may be applied to electrolytic capacitors, is a combination in sum of the direct DC and AC alternating voltage, or ripple voltage.

When superimposed on the direct voltage, it does not exceed the value of rated voltage. The ripple current must not exceed the rated ripple current.

#### Umpol- oder Falschpolspannung $U_{REV}$ / Reverse Voltage $U_{REV}$

Aluminium-Elektrolyt-Kondensatoren sind gepolte Kondensatoren und müssen in der richtigen Polarität angeschlossen werden. Falschpolspannungen  $U_{REV}$  bis maximal  $\leq 1,5 \text{ V}$  sind kurzzeitig (für die Dauer von 1 s) zulässig. Umpolspannungen sind ggf. durch Beschaltung mit Dioden zu verhindern. Die dabei auftretende Diodendurchlassspannung von ca. 0,8 V ist zulässig.

Aluminum electrolytic capacitors are polarized capacitors and must be connected in the correct polarity. They can withstand reverse voltages  $U_{REV}$  up to  $\leq 1,5 \text{ V}$  and tolerable for a duration of less than 1 second. Connecting a diode should prevent reverse voltages. The diodes conducting-state of approximately 0,8 V is permissible.

#### Transientenspannung $U_{TS}$ / Transient Overvoltage $U_{TS}$

Einige von KRUMMER gefertigte Baureihen können generell für sehr hohe energiebegrenzte Spannungsimpulse ausgelegt werden, die über der Spitzenspannung  $U_S$  liegen. Eine allgemeine Spezifizierung kann jedoch nicht getroffen werden, da die Anforderungen sehr verschieden sind und der Kondensator an die jeweilige Anwendung angepasst werden muss.

Der Betrieb der Kondensatoren ist letztendlich im Rahmen dieser Anwendung von folgenden vier Kriterien abhängig:

- Spannungswert
- Dauer der Spannungsimpulse
- Temperatur
- Wiederholungsfolge

Some capacitor series manufactured by KRUMMER can generally withstand extreme overvoltage pulses of limited energy exceeding the surge voltage  $U_S$ . As the requirements differ largely depending on the individual applications, we do not state general ratings but much the overvoltage capability to customer requirements.

Ultimately the performance of the capacitors under this type of condition is dependent on following four criteria:

- Value of the voltage
- Duration of overvoltage pulses
- Temperature
- Repetition rate

## KAPAZITÄT / CAPACITANCE

### Nennkapazität $C_R$ / Rated Capacitance $C_R$

Die Nennkapazität  $C_R$  ist die Wechselspannungskapazität, nach der der Kondensator benannt ist. Der Nennkapazitätswert kann innerhalb der zulässigen Toleranzgrenzen abweichen. Üblicherweise ist der Kondensator mit der Nennkapazität in  $\mu\text{F}$  beschriftet.

The rated capacitance  $C_R$  is the nominal AC capacity, for which the capacitor has been designed. The nominal capacitance value may deviate within the permissible tolerance limit. In general the rated capacitance is marked on the capacitor in  $\mu\text{F}$ .

### Gleich- und Wechselspannungskapazität $C_{DC}$ , $C_{AC}$ / DC- and AC Capacitance $C_{DC}$ , $C_{AC}$

Die Kapazität des Kondensators wird aus seinem Wechselstromwiderstand oder durch Aufladen mit Gleichspannung bestimmt. Die Messung nach dem Gleichspannungsverfahren liefert etwas höhere Werte als die Wechselstrommethode.

The capacitance of the capacitor is determined from its alternating current resistance or by charging with DC voltage. The measurement method according to the DC direct voltage provides slightly higher values than the AC method.

Entsprechend den häufigsten Anwendungen, bestimmt man bei Elektrolyt-Kondensatoren im Allgemeinen die Wechselspannungskapazität.

According to the most applications the electrolytic capacitor is applied to an alternating voltage so it is most common to measure the capacitance with the AC method.

### Wechselspannungskapazität $C_{AC}$ / AC Capacitance $C_{AC}$

Die Wechselspannungskapazität  $C_{AC}$  entspricht normalerweise der Nennkapazität  $C_R$ . Sie wird durch Messung des Wechselstromwiderstandes mit einer Wechselspannung von  $\leq 0,5 \text{ V}$  ermittelt. Da die Wechselspannungskapazität frequenz- und temperaturabhängig ist, muss eine bestimmte Messfrequenz und Messtemperatur vereinbart werden.

The AC capacitance  $C_{AC}$  is normally the rated capacitance  $C_R$ . This is determined by measuring the AC resistance with an alternating voltage of  $\leq 0,5 \text{ V}$ . As the AC capacitance depends on frequency and temperature, must be a certain measurement frequency and temperature measurement agreed.

In IEC 60384 Teil 1 und Teil 4 ist dazu eine Messfrequenz von 100 Hz bzw. 120 Hz und eine Temperatur von  $20^\circ\text{C}$  vorgeschrieben.

IEC 60384 part 1 and part 4 prescribe a measuring frequency of 100 Hz or 120 Hz and a temperature of  $20^\circ\text{C}$ .



Wechselspannungs-Ersatzschaltbild eines Elektrolyt-Kondensators  
AC equivalent circuit of an electrolytic capacitor

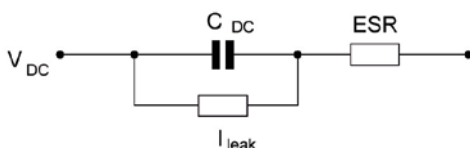
### Gleichspannungskapazität $C_{DC}$ / DC Capacitance $C_{DC}$

Die Gleichspannungskapazität  $C_{DC}$  wird aus der Ladungsmenge bestimmt, die nach Aufladung des Kondensators mit Gleichspannung gespeichert ist. Die Messung erfolgt dann durch eine einmalige Entladung unter definierten Bedingungen. Die Messverfahren sind in DIN 41 328 Teil 4 „Messung der Gleichstromkapazität“ beschrieben. In den IEC Vorschriften sind dazu keine Angaben enthalten.

The DC capacitance  $C_{DC}$  is determined by charge-discharge volume, which is stored in the capacitor after charging with DC voltage. The measurement is determined by onetime charging and discharging of the capacitor under certain defined conditions. The measuring methods are described in DIN 41 328-4 “Measurement of the DC capacitance”. The IEC publications do not provide any corresponding specifications

Werden beide Werte  $C_{AC}$  (Wechselspannungskapazität) und  $C_{DC}$  (Gleichspannungskapazität) an einem Elektrolyt Kondensator gemessen, so findet man stets:  $C_{AC} < C_{DC}$ . Somit liefert die Messung nach dem Gleichspannungsverfahren höhere Werte als die Messung nach dem Wechselstromverfahren.

If both values  $C_{AC}$  (AC capacitance) and  $C_{DC}$  (DC capacitance) measured in an electrolytic capacitor, you always will find:  $C_{AC} < C_{DC}$ . The measurement according the DC voltage method provides higher values than the measurements with the AC alternating current method.



Gleichspannungs-Ersatzschaltbild eines Elektrolyt-Kondensators  
DC equivalent circuit of an electrolytic capacitor

### Kapazitätstoleranz $\Delta C_R$ / Capacitance Tolerance $\Delta C_R$

Der Kapazitätstoleranzbereich ist der Bereich innerhalb dessen die Ist-Kapazität von der Nennkapazität abweichen darf. Die Kapazitätstoleranzen werden nach IEC 60062 durch folgende Kennbuchstaben verschlüsselt:

Kennbuchstabe Identification letter	Kapazitätstoleranz Capacitance Tolerance
K	$\pm 10 \%$
M	$\pm 20 \%$
N	$\pm 30 \%$
Q	$- 10 \% / + 30 \%$
R	$- 20 \% / + 30 \%$

The capacitance tolerance is the range within which the actual capacitance may deviate from the specific capacitance. The capacity tolerances are encoded by the following code letters in accordance with IEC 60062:

Kennbuchstabe Identification letter	Kapazitätstoleranz Capacitance Tolerance
S	$- 20 \% / + 50 \%$
T	$- 10 \% / + 50 \%$
V	$- 10 \% / + 100 \%$
Y	$0 \% / + 50 \%$
Z	$- 20 \% / + 80 \%$

### Temperaturabhängigkeit der Kapazität / Temperature dependence of the capacitance

Die Wechsellspannungskapazität  $C_{AC}$  eines Elektrolyt Kondensators ist keine konstante Größe, die unter allen Betriebsbedingungen unverändert bleibt. Die Kapazität variiert je nach Temperatur. Sie erhöht sich weniger als 5% von 20 °C bis zur oberen Betriebstemperaturgrenze. Mit abnehmender Temperatur nimmt die gemessene Kapazität ab. Sinkende Temperaturen bedingen eine höhere Viskosität des Elektrolyten und damit einen zunehmenden ohmschen Widerstand  $R_i$ , die Leitfähigkeit des Elektrolyten geht zurück. Bei Niedervolt Kondensatoren mit einem unteren Betriebstemperaturbereich von - 40 °C sinkt die Kapazität bis zu 20 % und bei Hochvolt Kondensatoren bis zu 40 %. Der größte Kapazitätsverlust ist zwischen - 20 °C und - 40 °C.

The AC capacitance  $C_{AC}$  of an electrolytic capacitor is not a constant quality that remains unchanged under all operating conditions. The capacitance varies with temperature. They increase less than 5% from 20 °C to the upper temperature limit. With decreasing temperature, the measured capacitance is less. Falling temperatures require a higher viscosity of the electrolyte and an increasing resistance  $R_i$ , which is reducing the conductivity of the electrolyte. For capacitors rated - 40 °C minimum operating temperature limit capacitance declines up to 20% at - 40 °C for low-voltage units and up to 40% for high-voltage units. Most of the capacitance decline is between - 20 °C and - 40 °C.

### Frequenzabhängigkeit der Kapazität / Frequency dependence of the capacitance

Ähnlich wie mit der Temperaturabhängigkeit verhält es sich mit der Frequenzabhängigkeit der Wechsellspannungskapazität. Mit steigender Frequenz  $f$  wird der kapazitive Teilwiderstand  $Z_{Ci}$  immer kleiner und damit der Einfluss des ohmschen Teilwiderstandes  $R_i$  des Wechselstromwiderstandes  $Z$  immer größer. Dadurch nimmt die effektive Kapazität mit steigender Frequenz ab.

The frequency dependence of the AC capacitance behaves similar to the temperature dependence. With increasing frequency  $f$ , the capacitive resistance  $Z_{Ci}$  is getting smaller and thus the influence of the ohmic part resistance  $R_i$  of the AC resistance  $Z_i$  is growing. This decreases the effective capacitance with increasing frequency.

$$C = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot Z}$$

C	Kapazität	Capacitance	[F]
f	Frequenz	Frequency	[Hz]
Z	Scheinwiderstand	Impedance	[Ω]

### Ersatzserienwiderstand ESR / Equivalent series resistance ESR

Der Ersatzserienwiderstand ist der ohmsche Anteil des Wechselstromwiderstandes, der die Verluste im Elektrolyt Kondensator beschreibt. Er setzt sich aus drei Teilwiderständen zusammen:

- dem Zuleitungs- und Folienwiderstand
- dem Elektrolyt-Papier-Widerstand
- dem Oxidschichtwiderstand

Er ist temperatur- und frequenzabhängig und mit dem Verlustfaktor  $\tan \delta$  durch nachfolgende Formel verbunden:

The equivalent series resistance is the resistive component of the alternating current resistance, which represents the losses of an electrolytic capacitor. It consists of three partial resistances:

- the feed line and foil resistance
- the electrolyte paper resistance
- the oxide layer resistance

The ESR is temperature- and frequency dependent and associated with the loss factor  $\tan \delta$  by the following formula:

$$ESR = \frac{\tan \delta}{\omega \cdot C_s} = \frac{\tan \delta}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot C_s}$$

ESR	Ersatzserienwiderstand	Equivalent series resistance	[Ω]
$\tan \delta$	Verlustfaktor	Dissipation factor (DF)	
$C_s$	Serienkapazität	Series Capacitance	[F]

## Verlustfaktor $\tan \delta$ / Dissipation Factor DF (Tangent of Loss Angle; $\tan \delta$ )

Der Verlustfaktor  $\tan \delta$  ist das Verhältnis von Ersatzserienwiderstand zum kapazitiven Widerstandanteil in der Wechselstrom Ersatzschaltung oder von Wirkleistung bzw. Verlustleistung zu Blindleistung bei sinusförmiger Spannung. Er ist frequenzabhängig über den Blindwiderstand und temperaturabhängig über den Ersatzserienwiderstand. Der Verlustfaktor nimmt mit steigender Temperatur ab. Die Messung des Verlustfaktors  $\tan \delta$  erfolgt bei 20 °C und 100 Hz. Er wird in der gleichen Anordnung gemessen wie die Serienkapazität  $C_s$  (siehe Wechselspannungs-Ersatzschaltbild).

The dissipation factor  $\tan \delta$  (DF) is the ratio of the equivalent series resistance to the capacitive reactance component in the AC equivalent circuit, or the ratio of effective power respectively dissipated power to reactive power for sinusoidal voltages. The value of the DF depends on the frequency over the reactive resistance and depending on temperature over the equivalent series resistance. The dissipation factor decreases with increasing temperature. The measurement of the  $\tan \delta$  (DF) is carried out at 100 Hz and 20 °C. It is measured in the same configuration as the series capacitance  $C_s$  (see AC equivalent circuit).

$$\tan \delta = \text{ESR} \cdot 2 \cdot \pi \cdot f \cdot C_s$$

$\tan \delta$	Verlustfaktor	Dissipation factor (DF)
ESR	Ersatzserienwiderstand	Equivalent series resistance [Ω]
f	Frequenz	Frequency [Hz]
$C_s$	Serienkapazität	Series capacitance [F]



Wechselspannungs-Ersatzschaltbild eines Elektrolyt-Kondensators  
AC equivalent circuit of an electrolytic capacitor

## Scheinwiderstand Z / Impedance Z

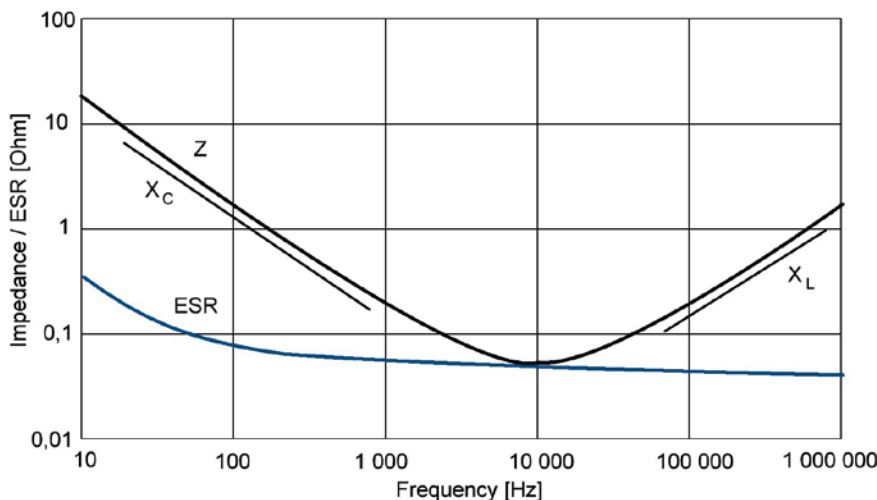
Der Wert des Scheinwiderstandes Z eines Elektrolyt Kondensators ergibt sich aus der geometrischen Summe (siehe Wechselspannungs-Ersatzschaltbild) des kapazitiven Widerstandes  $X_C = 1 / \omega C$ , des induktiven Widerstandes  $X_L = \omega L$  und des äquivalenten Ersatzserienwiderstandes ESR wie folgt:

The value of the impedance Z of an electrolytic capacitor arising from the geometrical sum (see AC equivalent circuit) of the capacitive reactance  $X_C = 1 / \omega C$ , inductive reactance  $X_L = \omega L$  and from the equivalent series resistance ESR as follows:

$$Z = \sqrt{\text{ESR}^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C_s}\right)^2}$$

$$= \sqrt{\text{ESR}^2 + \left(2 \cdot \pi \cdot f \cdot \text{ESL} - \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot C_s}\right)^2}$$

Z	Scheinwiderstand	Impedance	[Ω]
ESR	Ersatzserienwiderstand	Equivalent series resistance	[Ω]
f	Frequenz	Frequency	[Hz]
C	Kapazität	Capacitance	[F]
ESL	Ersatzserieninduktivität	Equivalent series inductance	[H]



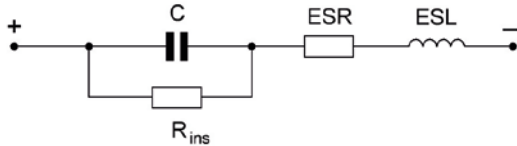
Scheinwiderstand und ESR in Abhängigkeit von der Frequenz  
Impedance and equivalent series resistance in function of the frequency.



### Eigeninduktivität ESL / Self-Inductance ESL

Aus der Anschlussgeometrie und dem inneren Aufbau des Elektrolyt-Kondensators ergibt sich dessen Eigeninduktivität oder Ersatzserieninduktivität. Sie ist relativ unabhängig von der Frequenz und Temperatur. Die typischen Werte liegen für Snap-in und Schraubanschluss-Elektrolyt-Kondensatoren im Bereich von 10 bis 30 nH. Der Wickelaufbau des Kondensators hat in der Regel nur einen induktiven Anteil von weniger als typisch 2 nH.

From the terminal configuration and the internal construction of the electrolytic capacitor results his self-inductance or equivalent series inductance. It is relatively independent of both frequency and temperature. Typical values are in the range from 10 to 30 nH for snap-in and screw-terminal electrolytic capacitors. The wound capacitor element has typically only an inductance of less than 2 nH.



Ersatzschaltbild eines Aluminium-Elektrolyt-Kondensators

Equivalent circuit of an aluminum electrolytic capacitor

### Reststrom $I_L$ / Leakage Current $I_L$

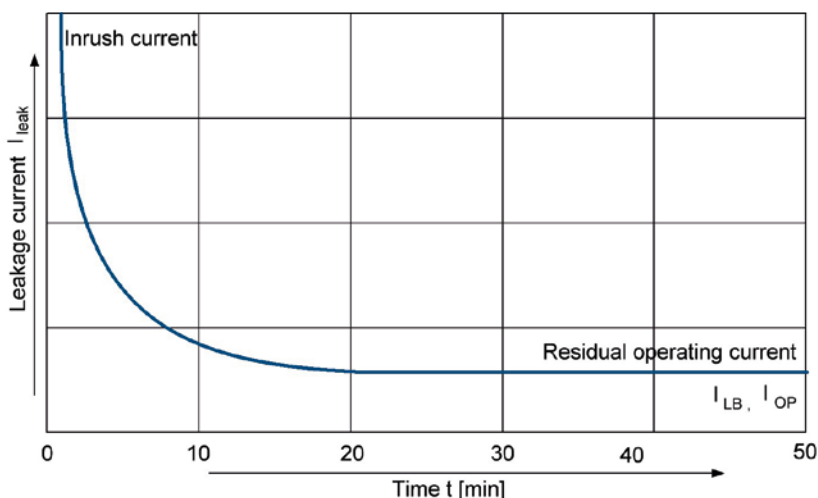
Der Reststrom ist der Strom, der bei Anlegen einer Gleichspannung – nach erfolgter Aufladung – durch den Kondensator fließt. Auch nach längerem Anlegen von Gleichspannung fließt nur ein sehr geringer Strom. Dieser Strom wird als der Reststrom benannt. Ein niedriger Reststrom lässt auf ein gut ausgebildetes Dielektrikum schließen. Der Reststrom ist somit das Maß für den Formierzustand des Kondensators.

The leakage current is the DC current flowing through the capacitor with the rated voltage applied – after the charging period. Even after a DC voltage has been applied for longer periods, only very small current flows. This current is called the leakage current. A low leakage current is indicative of a well developed dielectric. The leakage current is therefore the indication for the forming condition of the capacitor.

### Zeitabhängigkeit des Reststroms / Time dependence of the leakage current

Zum Einschaltzeitpunkt  $t = 0$  der Mess-Spannung ergibt sich eine Stromspitze, die außer vom Formierzustand des Kondensators auch noch vom Innenwiderstand der Spannungsquelle abhängt. Nach Anlegen der Spannung ist der Reststrom zunächst hoch (Einschaltstrom). Dies gilt insbesondere nach längerer spannungsloser Lagerung. Nach dem Laden des Kondensators fällt der Reststrom schnell ab, bis er schließlich einen kleinen, nahezu konstanten Endwert erreicht. Dieser Wert ist der Betriebsreststrom  $I_{LB}$ ,  $I_{OP}$ .

At the inrush time  $t = 0$  the measuring voltage gives a start-up peak, which depends not only on the forming condition of the capacitor but also on the internal resistance of the supplied voltage. After applying a voltage, the leakage current is initially high (inrush current). This applies in particular after prolonged storage without any applied voltage. After charging the capacitor, the leakage current will decrease rapidly and reach an almost constant final value. This value is the residual operating current  $I_{LB}$ ,  $I_{OP}$ .



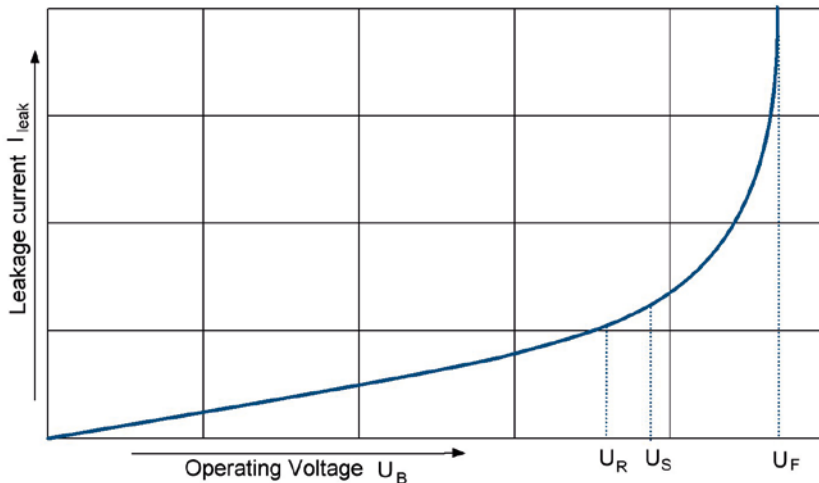
Reststrom in Abhängigkeit von der Einschaltzeit

Leakage current in function of the inrush time

### Spannungsabhängigkeit des Reststroms / Voltage dependence of leakage current

Die Spannungsabhängigkeit des Reststroms ist in nachfolgender Grafik dargestellt. Der Reststrom  $I_L$  steigt mit der Betriebsspannung  $U_B$  an. Die Steilheit dieses Anstiegs ist insbesondere nach Überschreiten der Nennspannung  $U_R$  umso größer (exponentieller Anstieg), je näher man der Formierspannung  $U_F$  der Anode kommt. Oberhalb der Spitzenspannung  $U_S$  treten verstärkt Sekundärreaktionen wie Erwärmung, starke Gasbildung, Elektrolytzersetzung und ungeeignete Oxidbildung auf. Ein Dauerbetrieb oberhalb der Nennspannung  $U_R$  ist deshalb nicht zulässig!

The voltage dependence of the leakage current is shown in the following diagram schematically. The leakage current  $I_L$  increases with operating voltage  $U_B$ . The slope of this rise is especially after exceeding the rated voltage  $U_R$  much higher (rise exponentially); the closer the distance approaches the forming voltage  $U_F$  of the anode. Above the surge voltage  $U_S$  occur reinforced secondary reactions such as heating, strong gas formation, electrolyte decomposition and unsuitable oxide formation. Continuous operation above the rated voltage  $U_R$  is therefore not allowed!

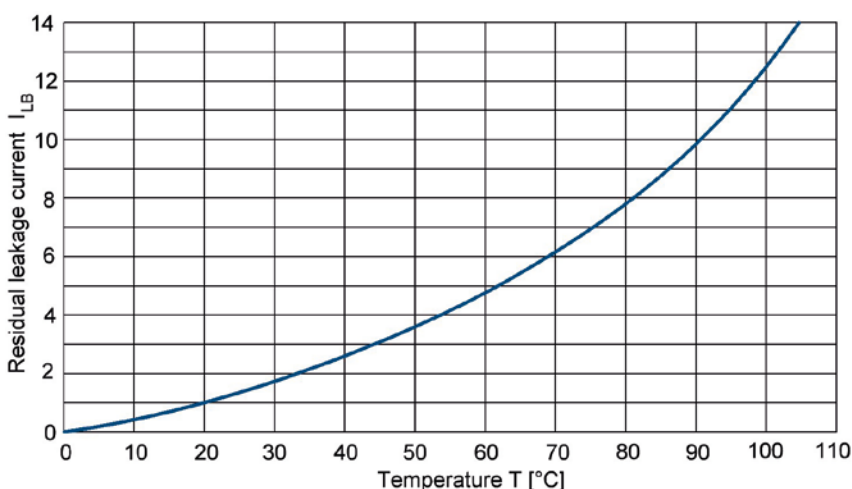


Spannungsabhängigkeit des Reststroms  
Voltage dependence of the leakage current

### Temperaturabhängigkeit des Reststroms / Temperature dependence of the leakage current

Von den zahlreichen Reststromursachen hat nur der Betriebsreststrom  $I_{LB}$  eine etwas genauer definierbare Temperaturabhängigkeit, nämlich das dynamische Gleichgewicht zwischen Anlösung und Aufbau der Aluminiumoxidschicht. Die mit der Temperatur steigende Geschwindigkeit elektrochemischer Reaktionen ist hier bestenfalls qualitativ anwendbar, woraus für  $I_{LB}$  eine Zunahme mit der Temperatur folgt.

From the numerous causes of leakage current has only the operating residual current  $I_{LB}$  a more detail definable temperature dependency, namely, the dynamic balance between structure and partial dissolving the aluminum oxide layer. The rising with the temperature rate of electrochemical reactions is applicable here best case qualitatively, resulting in an increase of  $I_{LB}$  with the temperature.



Abhängigkeit des Reststroms von der Temperatur  
Leakage current dependence of the temperature

### Reststromverhalten bei spannungsloser Lagerung / Leakage current behavior in voltage-free storage

Bei spannungsloser Lagerung (besonders bei hoher Lager-temperatur) kann die Oxidschicht angegriffen werden. Da kein Reststrom fließt, der Sauerstoffionen an die Anode bringt, ist eine Regenerierung der Schicht nicht möglich. Alle Aluminium-Elektrolyt-Kondensatoren weisen einen Reststrom auf, wenn eine Gleichspannung angelegt wird. Wie bereits beschrieben, ist der Reststrom zeit-, spannungs- und temperaturabhängig. Nach längerer Lagerung ohne Spannung steigt der Reststrom an und kann bei Wiederinbetriebnahme des Kondensators in den ersten Minuten bis zu 100mal größer sein. Der zu erwartende Dauerbetriebsreststrom wird im Allgemeinen nach etwa 30 Minuten wieder erreicht.

Elektrolyt Kondensatoren können bei einer Temperatur zwischen 0 °C und + 40 °C mindestens 2 Jahre ohne Minderung der Zuverlässigkeit spannungslos gelagert werden. Innerhalb dieser Zeit können die Kondensatoren ohne weitere Vorbereitung an die Nennspannung angelegt werden. Die Betriebszuverlässigkeit und Lebensdauererwartung werden dadurch nicht beeinträchtigt.

Nach einer spannungslosen Lagerung von mehr als zwei Jahren sind die Kondensator nach den Reststrombedingungen auf eine erforderliche Nachformierbehandlung zu prüfen.

Bei eingebauten Kondensatoren reicht es in aller Regel aus die Geräte für eine Stunde einzuschalten. Nach störungsfreier Inbetriebnahme ist davon auszugehen, dass eine erneute Lagerung erfolgen kann.

When stored without an externally applied voltage, the oxide layer may deteriorate, especially at higher temperature. Since there is no leakage current flowing transport the oxygen ions to the anode, a regeneration of the oxide layer is not possible. All aluminum electrolytic capacitors show a leakage current when a DC voltage is applied. As previously described, the residual current is time-, voltage- and temperature dependent. According to a longer storage without an externally applied voltage, the leakage current increases and at the restarting of the capacitor it can be up to 100 times higher than normal in the first few minutes. The expected continuous residual current is generally reached after the rated voltage has been applied for about 30 minutes.

Electrolytic capacitors can be stored voltage-free at a temperature between 0 °C to + 40 °C for at least 2 years without any loss of reliability. During this time, the capacitors can be operated direct at rated voltage without any further preparation. This will not affect the reliability and durability in any case.

When have been stored voltage-free for more than two years, it is to check the capacitors according the leakage current requirements if a reforming process is required before use.

Incorporated capacitors should be operated for one hour in the circuit. After trouble-free operation is assumed that a renewed further storage can be continued.

### WECHSELSTROM / RIPPLE CURRENT

#### Wechselstrom $I_{AC}$ / Ripple current $I_{AC}$

Unter dem Wechselstrom versteht man den Effektivwert des Wechselstroms, mit dem der Kondensator belastet wird.

The ripple current is defined as the rms value of the alternating current that flows through the capacitor.

#### Nennwechselstrom $I_{AC,R}$ / Rated ripple current $I_{AC,R}$

Der zulässige Nennwechselstrom  $I_{AC,R}$  ist so festgelegt, dass bei der oberen Kategorietemperatur  $T_{OK}$  und einer Frequenz von 100Hz (Messfrequenz der Kapazität und des Verlustfaktors) eine Erwärmung der Kondensatoroberfläche von 3K oder 5K (je nach Baureihe) eintritt. Die sich daraus ergebenden Wechselstromwerte  $I_{AC,R}$  sind in den Einzelwert-Tabellen angegeben.

The permissible rated ripple current  $I_{AC,R}$  is defined such that in the upper category temperature  $T_{OK}$  and at a frequency of 100 Hz (measuring frequency of the capacitance and dissipation factor) will cause a temperature increase of the capacitors surface of 3K or 5K (dependent on series) compared with ambient temperature. The resulting ripple current values  $I_{AC,R}$  are given in the single value tables.

#### Zulässiger maximaler Wechselstrom $I_{AC,max}$ / Maximum permissible ripple current $I_{AC,max}$

Die zulässige maximale Wechselstrombelastung ist abhängig von der Umgebungstemperatur  $T_A$ , der Kondensatoroberfläche  $F_o$  (Abkühlfläche), dem äquivalenten Ersatzserienwiderstand ESR (bzw. Verlustfaktor  $\tan \delta$ ) sowie der Oberflächen-Übertemperatur  $\Delta T$  (Eigenerwärmung, Differenz zwischen Kondensator-Oberflächentemperatur  $T_o$  und der Umgebungstemperatur  $T_A$ ).

The maximum permissible ripple current depends on the ambient temperature  $T_A$ , the capacitor surface  $F_o$  (cooling area), the equivalent series resistance ESR (or dissipation factor  $\tan \delta$ ) as well the case surface over temperature  $\Delta T$  (self-heating, the difference of temperature between capacitor case surface  $T_o$  and ambient  $T_A$ ).

Wegen der Temperatur- und Frequenzabhängigkeit des äquivalenten Ersatzserienwiderstandes ESR (bzw. Verlustfaktors  $\tan \delta$ ) ist der maximal zulässige Wechselstrom auch noch von der Wechselstromfrequenz  $f$  abhängig. Da die Lebensdauererwartung eines Elektrolyt Kondensators wesentlich von seiner Temperaturbelastung bestimmt wird, ist auch die Eigenerwärmung durch Wechselstrombelastung eine wichtige Einflussgröße für die Brauchbarkeitsdauer.

Because of the temperature and frequency dependence of the equivalent series resistance ESR (or dissipation factor  $\tan \delta$ ) the maximum permissible ripple current is also depending on the AC frequency  $f$  as well. As the lifetime expectancy of an electrolytic capacitor is determined mainly by its temperature load, is also the self-heating generated by ripple current, an important factor of influence for calculating the useful life under certain circumstances.



### Wechselstrombelastung in Abhängigkeit von der Frequenz / Frequency dependence of the ripple current

Bei Aluminium-Elektrolyt-Kondensatoren ist der äquivalente Ersatzserienwiderstand ESR (bzw. Verlustfaktor  $\tan \delta$ ) frequenzabhängig. Die maximal zulässigen Wechselstrombelastungen sind den Einzeldatenblättern der jeweiligen Baureihen zu entnehmen. Die Frequenzangaben beziehen sich auf eine Frequenz von 100 Hz und 10 kHz. Umrechnungsfaktoren auf andere Betriebsfrequenzen sind für jede einzelne Bauform in einer Tabelle angegeben.

For aluminum electrolytic capacitors, the equivalent series resistance ESR (or dissipation factor  $\tan \delta$ ) is frequency dependent. The maximum permissible ripple currents are given in the individual data sheets for each series. The frequency data refers to a frequency of 100 Hz and 10 kHz. Conversion factors for other operating frequencies are given for each type in the form of a table.

### Wechselstrombelastung in Abhängigkeit von der Temperatur / Temperature dependence of the ripple current

Die maximal zulässigen Wechselstrombelastungen sind den Einzeldatenblättern der jeweiligen Baureihen zu entnehmen. Die zulässigen Wechselströme sind bei + 40 °C Umgebungstemperatur und der oberen Kategorietemperatur angegeben. Für den Betrieb bei anderen Umgebungstemperaturen mit anderen Wechselströmen sind mit Angabe der zu erwartenden Brauchbarkeitsdauer für jede Baureihe in einem Kurvendiagramm angegeben.

The maximum permissible ripple currents are given in the individual data sheets for each series. The maximum permissible ripple currents are specified at + 40 °C ambient and the upper category temperature. Operations with other ambient temperatures or with other ripple currents are specified in a curve chart for each series indicating the expected useful life to be estimated for given conditions.

## KLIMATISCHE BEDINGUNGEN / CLIMATIC CONDITIONS

### Klimatische Beanspruchung / Ambient conditions

Als wichtigste klimatische Bedingungen gelten für Elektrolyt Kondensatoren die obere und untere Kategorietemperatur. Daneben ist die auftretende Feuchtebelastung von Einfluss. Angaben über die drei Größen sind in der IEC 60068-1 Klimakategorie verschlüsselt. Die für die einzelnen Baureihen gültige IEC Klimakategorie ist in den Einzeldatenblättern angegeben.

The most important climatic conditions for electrolytic capacitors are the upper and lower category temperature. In addition the humidity conditions are also of importance. All three parameters are specified in coded form in the IEC 60068-1 climatic category. The IEC categories are given for each series in the individual data sheets

### Obere Kategorietemperatur $T_{OK}$ (obere Betriebstemperaturgrenze) Upper category temperature $T_{OK}$ (max. operating temperature limit)

Die obere Betriebstemperaturgrenze  $T_{OK}$  ist die höchste Umgebungstemperatur, bei der der Kondensator dauernd betrieben werden darf. Eine Überschreitung der oberen Temperaturgrenze kann zum vorzeitigen Ausfall des Kondensators führen.

The upper category temperature  $T_{OK}$  is the maximum permissible ambient temperature at which a capacitor can be continuously operated. If this limit is exceeded the capacitor may fail prematurely.

### Untere Kategorietemperatur $T_{UK}$ (untere Betriebstemperaturgrenze) Lower category temperature $T_{UK}$ (min. operating temperature limit)

Mit sinkender Temperatur ergeben sich infolge verminderter Leitfähigkeit des Elektrolyten höhere Scheinwiderstands- und Verlustfaktorwerte (Ersatzserienwiderstand). Ein Betrieb auch unterhalb der unteren Betriebstemperaturgrenze  $T_{UK}$  ist möglich, ohne dass der Kondensator geschädigt wird. Dies gilt insbesondere dann, wenn der Kondensator einer Wechselstrombelastung ausgesetzt ist. Der durch den gestiegenen Ersatzserienwiderstand fließende Wechselstrom kann den Elektrolyt Kondensator gegenüber der niedrigen Umgebungstemperatur so weit erwärmen, dass seine Eigenschaften für die Gerätefunktion noch ausreichen.

With decreasing temperature arise as a result of reduced conductivity of the electrolyte an increase of impedances and dissipation factors (equivalent series resistance). An operation below this lower category temperature  $T_{UK}$  will not damage the capacitor. Especially when a ripple current flows through the device, the heat dissipated by the increased equivalent series resistance will increase the capacitor temperature so far above the ambient temperature that the capacitance will be adequate to maintain equipment operation.

## BRAUCHBARKEITSDAUER UND BETRIEBSZUVERLÄSSIGKEIT / USEFUL LIFE AND RELIABILITY

### Schaltfestigkeit / Charge-discharge proof

Dieser Begriff bezeichnet den Lade- und Entlade Zyklus (schaltfest) von Kondensatoren bei häufigen Schaltvorgängen ohne nennenswerte Kapazitätsänderung. KRUMMER Aluminium-Elektrolyt-Kondensatoren sind schaltfest nach IEC 60384-4 (Prüfung Laden und Entladen). Sofern nicht anders angegeben, beträgt nach  $10^6$  Schaltungen ( $RC = 0,1$  s) die Kapazitätsabnahme weniger als 10%.

This term means the capability of capacitors to withstand frequent switching operations without significant change of capacitance. KRUMMER Aluminum electrolytic capacitors are charge-discharge proof in accordance with IEC 60384-4 (Charge-discharge test). Unless otherwise specified,  $10^6$  switching operations ( $RC = 0,1$  s) shall not cause a capacitance change of more than 10 %

### Dauerspannungsprüfung / Voltage endurance test

In IEC 60384-4 sind die Prüfbedingungen für die zulässige Abweichung der elektrischen Parameter nach Dauerprüfung bei Nennspannung  $U_R$  und oberer Kategorie Temperatur festgelegt. Prüfdauer und Bedingungen für die einzelnen Baureihen sind in den Einzeldatenblättern angegeben.

In IEC 60384-4 the criteria for the acceptable drift of electrical parameters after endurance test  $U_R$  and upper category temperature are defined. Test duration and conditions are given for each series in the individual data sheets.

Die Dauerspannungsprüfung gibt keinen Hinweis über die Brauchbarkeitsdauer des Kondensators, da in den IEC Vorschriften dazu keine Angaben für einen prozentualen Ausfallsatz enthalten sind.

The endurance test does not provide any information about the useful life of a capacitor, as no failure percentage is defined for this test, because the IEC publications does not provide any corresponding specifications.

### Brauchbarkeitsdauer / Useful life

Die Brauchbarkeitsdauer stellt die typische Zeitspanne bis zum Erreichen des Lebensendes eines Elektrolytkondensators dar. Das Lebensende ist durch Total- oder Änderungsausfall gekennzeichnet. Je nach Auslegung der Schaltung bedingt ein Änderungsausfall nicht unmittelbar einen Ausfall des Gerätes, so dass die Lebensdauer des Kondensators länger ist als die ausgewiesene Brauchbarkeitsdauer. Im wesentlichen wird die Brauchbarkeitsdauer durch den individuellen Verbrauch des Elektrolyten (Elektrolytverlust) bestimmt.

The useful life represents the typical time to reach the end of life of an electrolytic capacitor. The end of life is characterized by total failure or failure due parameters. Depending on the circuit design, device failure due to parametric variation does not necessarily imply equipment failure, so that the actual life of a capacitor may be longer than the specified useful life. Substantially, the useful life is determined due the individual electrolyte consumption (loss of electrolyte)

### Belastungsbedingungen / Load life

Die CECC definiert folgende Belastungsbedingungen für die Brauchbarkeitsdauerangaben von Aluminium-Elektrolyt-Kondensatoren mit flüssigem Elektrolyten:

CECC defines the following load conditions for the useful life of aluminum electrolytic capacitors with liquid electrolyte:

- Nennspannung  $U_R$
- Nennwechselstrom  $I_R$
- Obere Kategorietemperatur  $T_{OK}$

- Rated voltage  $U_R$
- Rated ripple current  $I_R$
- Upper category temperature  $T_{OK}$

### Kühlmaßnahmen / Cooling measures

Die Angaben zur Brauchbarkeitsdauer gelten für Elektrolyt Kondensatoren, die ihre im Wickel entstandene Wärme über das Kondensatorgehäuse an die nicht künstlich bewegte Luft abgeben. Durch zusätzliche Kühlmaßnahmen (Kühlblech, Luftventilation, Wasserkühlung) kann die Brauchbarkeitsdauer oder der zulässige Wechselstrom erhöht werden.

This useful life applies to electrolytic capacitors with natural cooling, where the heat generated in the winding is dissipated through the capacitor case and by natural convection. It is possible to increase the permissible ripple current or to extend the useful life by using additional cooling by heat sink, water cooling system or forced air ventilation.

### Faktor $K_c$ für forcierte Luftkühlung des Kondensators / Factor $K_c$ for forced capacitor air cooling

Luftgeschwindigkeit Air Speed	$\leq 0,5$ m/s	1 m/s	2 m/s	3 m/s	4 m/s
Durchmesser / Diameter	Faktor / Factor x $I_{AC,R}$				
36 mm ... 51 mm	1,00	1,20	1,35	1,40	1,45
65 mm ... 90 mm	1,00	1,10	1,15	1,25	1,30

### Becherboden-Kühlung mit Kühlkörper / Base cooling with heat sink

Schraubanschluss Kondensatoren mit Gewindebolzenbefestigung sind mit einer hochwärmeleitender Isolationsfolie am Becherboden erhältlich. Sie ist so positioniert, dass der umschlungene Isolierschlauch nicht den Wärmetransport behindert. Durch die optimierte Wärmeabfuhr aus dem Inneren des Wickels wird ein Wärmewiderstand von weniger als 2 °C/W erreicht, wodurch geringe Hotspot-Temperaturen, höhere überlagerte Wechselströme und eine erheblich längere Brauchbarkeitsdauer möglich ist.

Threaded stud mounting screw terminal capacitors are available with a thermally conductive-disk at the can bottom. The disk is positioned in such a way that the insulating sleeve does not hamper the heat transport. The optimised heat dissipation from the inside of the windings reduce the thermal resistance of less than 2 °C/W, which low hotspot-temperatures, higher ripple currents and a considerably longer useful life is possible.

### Betriebszuverlässigkeit / Reliability

Die Zuverlässigkeitsangaben von Aluminium-Elektrolyt-Kondensatoren werden in drei Bereichen unterschieden:

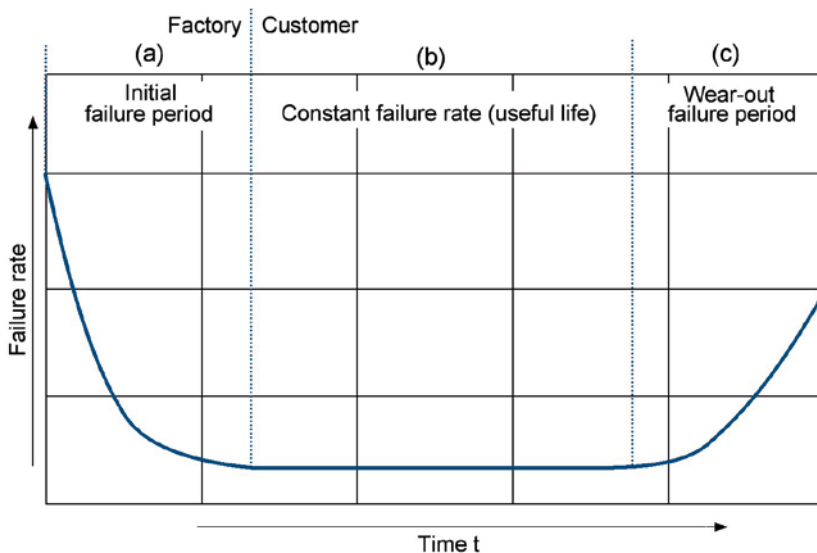
- a) Bereich der Frühausfälle
- b) Bereich mit konstanter Ausfallrate (Brauchbarkeitsdauer)
- c) Bereich der Verschleißausfälle

Die Ausfallrate bei Elektrolyt Kondensatoren ist zeitabhängig entsprechend den folgenden charakteristischen „Badewannen“ Kurvenverlauf.

The reliability disclosures of aluminum electrolytic capacitors can be discerned in three distinct regions.

- a) Initial failure period
- b) Constant failure rate (useful life)
- c) Wear-out failure period

Electrolytic capacitors exhibit a failure rate, which varies with time as depicted in the characterized “bathtub” curve as below.



### Ausfallrate / Failure rate

Die Ausfallrate ( $\lambda$ ) ist der Quotient aus der Anzahl der Ausfälle und dem Produkt aus der Anzahl der Prüflinge und deren Betriebsstunden.

$$\lambda = \frac{\text{Anzahl der Ausfälle}}{\text{Anzahl der Prüflinge} \times \text{Betriebsstunden}}$$

Die Ausfallrate dient als Grundlage für Zuverlässigkeitsprognosen. Die Ausfallrate wird in fit (Ausfälle pro 10<sup>9</sup> Bauelementestunden) bzw. in Ausfallprozent pro 1000 Stunden angegeben. Die Aussagewahrscheinlichkeit UCL (Upper Confidence Level) liegt bei 60%.

$$1 \text{ fit} = 1 \times 10^{-9} \text{ Ausfälle} / \text{h (fit = failure in time)}$$

Ausfallrate und Ausfallsatz für die einzelnen Baureihen sind in den Einzeldatenblättern angegeben.

The failure rate ( $\lambda$ ) is the quotient of the number of failures and the product of the number of components tested and their operating hours.

$$\lambda = \frac{\text{Number of failures}}{\text{Number of components tested} \times \text{Operating hours}}$$

The failure rate is used as the basis for reliability predictions. The failure rate is specified in fit (failures per 10<sup>9</sup> component hours) and given in failure percent per 1000 hours. The confidence level UCL (Upper Confidence Level) is 60%.

$$1 \text{ fit} = 1 \cdot 10^{-9} \text{ failures} / \text{h (fit = failure in time)}$$

Failure rate and failure percentage are given for each series in the individual data sheets.

### Ausfallkriterien / Failure criteria

- Kapazitätsänderung > 3facher Grenzwert der Dauerspannungsprüfung  
Capacitance change > 3 times the initial limit value of voltage endurance test
- HF Scheinwiderstand > 3facher Anfangsgrenzwert  
RF Impedance > 3 times the initial limit value
- $\tan \delta$  oder Ersatzserienwiderstand ESR > 3facher Anfangsgrenzwert  
 $\tan \delta$  or equivalent series resistance > 3 times the initial limit value
- Reststrom > Anfangsgrenzwert  
Leakage current > Initial limit value
- Betrieb oberhalb der spezifizierten Nennspannung  
Operation above the specified nominal rated voltage
- Umpol- oder Falschspannung über dem zulässigen Grenzwert  
Exceeding the permissible limit of reverse voltage
- Überschreiten der maximal zulässigen Wechselstrombelastung  
Exceeding the maximum permissible ripple current capability
- Überschreiten der zulässigen oberen Betriebstemperaturgrenze  
Exceeding the permissible upper operating temperature limit
- Kurzschluss oder Unterbrechung  
Short or open circuit
- Unbrauchbare Anschlüsse  
Unusable terminals
- Stark beschädigte Isolierung  
Damaged insulation
- Externes Kurzschließen durch den Elektrolyten  
External short circuiting of terminals by electrolyte
- Öffnen der Sollbruchstelle  
Open overpressure vent

## HINWEISE FÜR DIE ANWENDUNG / INSTRUCTIONS FOR THE APPLICATION

### Allgemeine Angaben / Basic details

Kondensatoren für industrielle Anwendungen müssen regelmäßig überprüft bzw. gewartet werden. Vor der Kontrolle muss die Stromversorgung abgeschaltet und der Kondensator entladen werden. Hinweise für die Anwendung von Aluminium-Elektrolyt-Kondensatoren enthält ein Normblatt, das unter der Bezeichnung CENELEC R040-001 (Abschnitt 1-19), herausgegeben wurde.

Zu den wichtigsten Punkten des Inhalts gehören:

- Sicherheitsanforderungen
- Schutzmaßnahmen
- Einbau in Geräte mit Eigenerwärmung
- Parallel- und Serienschaltungen von Kondensatoren
- Zerstörung durch Überdruck
- Brandgefahr

Die Kondensatoren sind regelmäßig zu kontrollieren auf:

- Mechanische Beschädigungen
- Gasaustritt, Elektrolytaustritt etc.
- Reststrom, Kapazität und Verlustfaktor
- Kenndaten mit denen der Kondensator spezifiziert ist

Sollte ein derartiger Mangel festgestellt werden, ist der Kondensator auszutauschen bzw. sind Maßnahmen zur Behebung des Mangels zu treffen.

Capacitors for industrial applications require periodic inspections and services. Before the inspection, make sure to turn off the power supply and discharge the electricity of the capacitors. Instructions for the application of aluminum electrolytic capacitors contain a standard form, which is published by the name CENELEC R040-001 (chapter 1-19).

The most important subjects are:

- Safety requirements
- Protective measures
- Installation in devices with intrinsic heating
- Parallel and series capacitor circuits
- Destruction by overpressure
- Fire hazards

The capacitors should be checked periodically for:

- Mechanical damages
- Venting, electrolyte leakage, etc.
- Leakage current, capacitance and dissipation factor
- Characteristics of the capacitor specifications

If any of the above is found, replace the capacitor or take any other proper measure.

### Anzugsdrehmoment für Schraubanschlüsse und Gewindebolzen

#### Tightening torque for screw terminals and studs

Bei der Montage dürfen folgende maximale Anzugsdrehmomente für Schraubanschlüsse oder Gewinde Bolzenbefestigung nicht überschritten werden:

The maximum torques listed below may not be exceeded when tightening screw terminals or mounting stud nuts:

Gewinde Thread	Maximal zulässiges Anzugsdrehmoment Maximum torque
M5	2,0 Nm
M6	2,5 Nm
M8 Gewindebolzen / Threaded Stud	4,0 Nm
M12 Gewindebolzen / Threaded Stud	10,0 Nm

### Wechselstrombelastbarkeit der Anschlüsse / Ripple current rating of the terminals

Bedingt durch die Wechselstrombelastbarkeit der Kontaktelemente, dürfen folgende Stromobergrenzen nicht überschritten werden:  
Due to the ripple current capability of the contact elements, the following current upper limits must not be exceeded:

Durchmesser Diameter	≤ 51 mm	65 mm	77 mm	90 mm
Stromobergrenze / Current Upper Limit	30 A	40 A	50 A	70 A

### Reinigungsmittel / Cleaning agents

Halogenhaltige Kohlenwasserstoffe können bei direkter Einwirkung Aluminium-Elektrolyt-Kondensatoren erheblich schädigen, da die grundsätzliche Möglichkeit einer korrosiven Wirkung auf Aluminium besteht. Des weiteren kann die Isolierfolie sowie die Dichtungen der Kondensatoren aufgelöst bzw. angegriffen werden, so dass das Lösungsmittel in das Innere des Kondensators gelangen kann. Dies würde zu einem vorzeitigen Ausfall des Kondensators führen. Aus diesem Grund sollten Lösungsmittel aus der Klasse der Ketone (Azeton, Methylethylketon) und Ester (Ethylacetat, Butylacetat) eher nicht verwendet werden.

Halogenated hydrocarbons by direct exposure may cause aluminum electrolytic capacitors serious damage, as the fundamental possibility of a corrosive effect on aluminum. Furthermore, the insulating sleeve, and the seals of capacitors dissolved or attacked, so that the solvent in the inside of the capacitor can get. This would lead to premature failure of the capacitor. For this reason, solvent from the class of ketones (acetone, methylethylketone) and esters (ethylacetate, butylacetate) tend not to be used.

Halogenfreie Lösungsmittel Halogen-free solvents	Bedenkliche Lösungsmittel Critical solvents
Ethanol (methylated spirits) Propanol Isopropanol Isobutanol Propylenglycolether Diethyleneglycoldibutylether	Trichlortrifluoräthan (Handelsname / trade names e.g. Freon, Kaltron, Frigene) Trichlorethylen Trichloräthan (Handelsname / trade names e.g. Chlorothene) Tetrachlorethylen (Handelsname / trade names e.g. Per) Methylenechlorid Chloroform Tetrachlorkohlenstoff / Carbontetrachloride Acetone Methylethylketone Ethylacetate Butylacetate

Gleiches gilt auch für den Fall, dass Aluminium-Elektrolyt-Kondensatoren lackiert oder eingegossen werden. Hier muss gewährleistet sein, dass alle Lack- und Vergusskomponenten wie Harz, Härter, Beschleuniger, Verdünner, Füllstoff, Farbe etc. halogenfrei sind.

The same applies to the case that aluminum electrolytic capacitors coated or painted. Here it is important to ensure that all coatings and components such as resin compounds, hardeners, accelerators, thinners, filler, paint, etc. are halogen-free.



### Fertigungs-Datum (Code) nach IEC 60062 / Production-Date (Code) according IEC 60062

Das Datum wird durch Angabe des Monats und des Jahres festgelegt. Dabei ist zuerst das Jahr und dann der Monat anzugeben.

The date will be indicated by the month and year. The first digit is the year, and the second digit indicates the month.

Kennbuchstabe (Codierung) für das Jahr Identification letter (encoding) for the year		Kennbuchstabe (Codierung) für den Monat Identification letter (encoding) for the month		
2011	B	Januar	January	1
2012	C	Februar	February	2
2013	D	März	March	3
2014	E	April	April	4
2015	F	Mai	Mai	5
2016	H	Juni	June	6
2017	J	Juli	July	7
2018	K	August	August	8
2019	L	September	September	9
2020	M	Oktober	October	O
2021	N	November	November	N
2022	P	Dezember	December	D

Beispiel: / Example: C5 = Mai 2012

Alternativ kann auch eine Codierung nach Jahr und Woche erfolgen. Dabei geben die beiden ersten Ziffern die letzten Stellen der Jahreszahl, die beiden letzten Ziffern die Wochenzahl an.

Alternatively, is also an encoding by year and week possible. In the process, the first two digits is the year and the last two digits the weekly number.

Beispiel: / Example: 1225 = 25. Woche / Week 2012

### Betriebselektrolyte / Cleaning agents

Der Betriebselektrolyt ist eine elektrisch leitfähige Flüssigkeit, deren Zusammensetzung je nach Baureihe und Spannungsbereich verschieden sein kann. Es handelt sich stets um polare organische Flüssigkeiten von hohem Siedepunkt, in denen ein gewisser Salzgehalt die ionische Leitfähigkeit bewirkt. Halogenhaltige Kohlenwasserstoffe werden nicht verwendet. Sie enthalten keine gesundheitsgefährdenden Lösungsmittel wie Dimethylformamid (DMF) und Dimethylacetamid (DMAC).

Die von KRUMMER eingesetzten Betriebselektrolyten enthalten keine gefährlichen Stoffe. Zur Erzielung bestimmter physikalischer, chemischer oder elektrischer Eigenschaften müssen jedoch in Ausnahmefällen derartige Stoffe verwendet werden. Ihr Gehalt ist dann jedoch auf das absolut notwendige Maß beschränkt. Unabhängig davon sind beim Umgang mit Elektrolyt Kondensatoren folgende Hinweise zu beachten:

Augen und Hautkontakt ist zu vermeiden.

Mit Elektrolyt in Berührung gekommene Hautstellen sind unverzüglich mit fließendem kaltem Wasser gründlich abzuwaschen. Augen müssen mindestens 15 Minuten lang in klarem frischen Wasser gespült werden. Bei Beschwerden muss ein Arzt aufgesucht werden.

Einatmen von Elektrolytdämpfen- oder Nebel ist zu vermeiden. Die Arbeitsräume sind gut zu belüften.

Mit Elektrolyt verschmutzte Kleidung ist abzulegen und zu waschen.

The operating electrolyte is an electrically conductive liquid whose composition depends on the series and voltage range may be different. It is always about polar organic liquids of high boiling point, which determines a certain salt content, the ionic conductivity. Halogenated hydrocarbons are not used. They do not contain any hazardous to health solvents such as dimethylformamide (DMF) and dimethylacetamide (DMAC).

Operating electrolytes used by KRUMMER does not contain any dangerous substances. However, in rare exceptional cases it is necessary to use such materials to achieve certain physical, chemical or electrical properties. In this case is the concentration limited to an absolute minimum. Nevertheless, the following rules should be respected when handling electrolytic capacitors:

Avoid eye and skin contact.

Should the electrolyte come into contact with skin, wash immediately the affected parts with flowing cold water. Eyes must be rinsed for at least 10 minutes with clear fresh water. In case of complaints, a medical doctor must be consulted.

Inhalation of electrolyte steaming or vapors should be avoided. The work areas must be well ventilated.

Clothes that are polluted by electrolyte must be washed.

### Entsorgung / Disposal

Aluminium-Elektrolyt-Kondensatoren können entsorgt oder recycelt werden. Für die Entsorgung sind die Entsorgungsvorschriften des jeweiligen Landes zu beachten. Die für die Entsorgung in Frage kommende Abfallschlüsselnummer aus dem Europäischen Abfallkatalog ist die Nr. 160 214.

Aluminum electrolytic capacitors can be disposed or recycled. The disposal rules are governed by the national and local authorities and have to be taken into consideration. The code number of the European Waste Catalog that applies to their disposal is 160 214.