

---

## **Grundlegende Informationen zu dem Standard UL1446 – von CMC**

Viele (End-)Produkte der europäischen Elektroindustrie werden heute weltweit verkauft. Dies spiegelt sich in dem Handelsüberschuß mehrerer EU-Länder insbesondere im Maschinenbau wider.

Von diesen Produkten wird ein hoher technischer Standard und Zuverlässigkeit sowie Sicherheit im Betrieb erwartet. Der Nachweis der Erfüllung solcher Sicherheitsanforderungen erfolgt dabei in der Regel durch Zertifizierungen, durchgeführt von anerkannten Prüf- und Zertifizierungsgesellschaften.

Eine der weltweit bekanntesten Prüfstellen ist dabei das amerikanische UL-Institut. Die Underwriter Laboratories Inc. wurden 1894 mit Sitz in Northbrook (Illinois) gegründet. Die Aufgaben sind vergleichbar dem TÜV oder dem VDE, wobei z.T. andere Schwerpunkte gesetzt werden (Sicherheitsaspekt steht im Vordergrund).

Neben der Erstellung von Standards (Normen) ist eine Hauptaufgabe die Freigabeproofung von Geräten, Komponenten oder Materialien, damit diese als zertifizierte Produkte eingesetzt werden können. Desweiteren ist eine wichtige Aufgabe die (Qualitäts-)Überwachung von Herstellern, die durch UL freigegebene Produkte herstellen oder in den Handel bringen.

Hohe Zuverlässigkeit, gute Effizienz, niedrige Ausfallwahrscheinlichkeit und geringe Wartungskosten entscheiden heute über den Einsatz des Betriebsmittels. Dabei ist vor allem der einwandfreie Zustand elektrischer Isoliermittel ausschlaggebend für den sicheren Betrieb von Elektrogeräten.

Dieser Beitrag beschäftigt sich insbesondere mit dem UL 1446 Standard (Standard for Safety for Systems of Insulation Materials), der die Evaluierung eines elektrischen Isoliersystems (EIS) beschreibt. Der Einsatz eines solchen vorklassifizierten EIS soll den sicheren elektrischen Betrieb eines Gerätes oder einer Anlage gewährleisten.

### **1.) Mögliche Gründe für Alterung**

Eine ganz entscheidende Kenngröße für die Zuverlässigkeit eines EIS ist sein Alterungsverhalten, dass durch verschiedene Belastungen des (Isolier-)Systems hervorgerufen wird.

Hier kann man

- elektrische (Kriechströme, Teilentladungen oder Grenzflächenprozesse),
- chemische (chemische Inkompatibilität, z.B. Weichmacherausgasung),
- thermische (Aushärtung, Polymerisation, Diffusion oder auch thermo-mechanische Wechselbelastung),
- mechanische (Vibrationen und Schockbelastungen) und
- umweltbedingte Alterung (UV-Strahlung, Bewitterung, Salznebel)

unterscheiden.

All diese Belastungen können zu einer Schwächung der die Betriebssicherheit bestimmenden Isolationsmaterialien führen. Im schlimmsten Fall kann es zu einer gefährlichen Betriebssituation (Brandgefahr, Gefahr des elektrischen Schlags) kommen.

### **2.) Aufbau eines Elektroisoliersystems (EIS)**

Wickelgüter bestehen aus einer Vielzahl von Komponenten. Dies sind zum Beispiel die lackisolierten Drähte (magnet wire), die magnetisch wirksamen Metalle (Ferrite, Trafobleche), der Spulen träger, bei Elektromotoren der Stator und/oder Rotor, Klemmen, Sicherungen und vieles mehr.

---

Die Wicklung selbst muß so aufgebaut sein, dass eine Berührung spannungsführender Teile zuverlässig verhindert wird sowie keine weiteren, betriebsbedingten Folgen, wie z.B. Selbstentzündung, zu erwarten sind.

Dazu gehört neben dem Einsatz geeigneter Sicherungen vor allem die Verwendung von für die angestrebte Wärmeklasse geeigneten Isolierstoffen. Dies sind z.B. Flächenisolierstoffe, Tränkmittel, Zuleitungslitzen, Isolierschläuche, Vergussmassen und Isolier-Klebebänder.

Der Standard UL 1446 berücksichtigt die Gesamtheit aller Isolierstoffe, die zum sicheren Betrieb notwendig sind und deren Zusammenspiel innerhalb des Elektroisoliersystems. Die Norm betrachtet nicht einzelne Bestandteile des Systems.

Es gibt zwei grundsätzlich unterschiedliche Formen des EIS:

**OBJS2 - Systemlieferanten:** Diese Kategorie beschreibt von UL anerkannte Systeme, die im Prinzip „frei verfügbar“ sind. Meistens sind solche Systeme im Besitz von Spulenträger-, Harz- und Lackherstellern, die diese Systeme ihren Kunden zur Übernahme anbieten. Es sind dann keine zusätzlichen Tests notwendig, da diese ja bereits durchgeführt wurden. Diese EIS werden in der iQ Electrical Insulation System Database bei UL geführt und können über [http://my.home1.ul.com/portal/page/portal/ULIQ/UL\\_iQ\\_Home\\_Page](http://my.home1.ul.com/portal/page/portal/ULIQ/UL_iQ_Home_Page) eingesehen werden.

**OBJY2 - Systemnutzer:** Wird ein OBJS2 System von einem Kunden übernommen (adaptiert), wird es zu einem OBJY2 System, das dann dem jeweiligen Inhaber zugeordnet wird. Diese Kategorie deckt Kombinationen von Isoliermaterialien ab, die ein von UL anerkanntes Isoliersystem bilden und z.B. in Motoren, Transformatoren oder Elektromagneten eingesetzt werden und durch eine Endprodukt-Norm gefordert werden.

### 3.) Systemkomponenten eines EIS

Ein Isoliersystem besteht im Prinzip aus zwei Komponenten:

**Hauptbestandteile (Major Components)** – der Ausfall dieser Bestandteile hat einen gravierenden Einfluß auf die Sicherheit des EIS (z.B. Wicklungsschluß, Schluss zwischen Primär- und Sekundärseite, Brandgefahr und Gefahr eines elektrischen Schlages). Beispiele für solche Hauptbestandteile sind Kupferlackdrähte, Wickelkörper, Flächenisolierstoffe für die Grund- und Zwischenlagenisolation sowie Imprägnierharze.

**Nebenbestandteile (Minor Components)** – diese Bestandteile sind nicht vorrangig an der Sicherheit des EIS beteiligt und stellen Hilfsmaterialien dar. Beispiele für solche Komponenten sind Isolierschläuche, Lagenisolierstoffe (Folien), Vergussmassen, Kordeln und Klebebänder.

Die Unterscheidung erfolgt nicht grundsätzlich aufgrund des Materials sondern aufgrund der Funktion im Endgerät.

Bevor man ein neues Elektroisoliersystem zertifizieren lässt, sollten folgende Vorüberlegungen durchgeführt werden:

- Welche Bestandteile sollen Teil des Elektroisoliersystems sein? Dabei ist z.B. die zukünftige Verfügbarkeit der geplanten Bestandteile des Systems zu prüfen, die Austauschbarkeit (Second Source) und ggf. die bereits vorhandenen Erfahrungen mit vergleichbaren Systemen (Vermeidung einer erneuten Prüfung bei Ausfall während Alterungstest).
- Die Funktion der einzelnen Komponenten in Bezug auf die Nomenklatur von UL 1446 (also in welcher Gruppe der Haupt- und Nebenbestandteile das Material eingeordnet werden soll und ob es Haupt- oder Nebenbestandteile sein sollen)
- Gibt es einzelne Bestandteile, die UL zugelassen oder UL gelistet sein müssen?
- Sind zusätzliche Bedingungen zu erfüllen durch Standards (Normen) in Bezug auf das geplante Endprodukt (z.B. Medizintechnik)?

- Welche Wärmeklasse soll das neue EIS erreichen? \*)

Temperaturklasse [°C]	Numerische Bezeichnung	Klassenbezeichnung	
		IEC 60085	USA
120	120	E	E
130	130	B	B
155	155	F	F
180	180	H	H
200	200	200	N
220	220	220	R
240	240	240	240

\*) Tabelle 1: Wärmeklassen

Sofern man kein bestehendes Isoliersystem übernehmen möchte, gibt es grundsätzlich drei Möglichkeiten, eine Zulassung für ein neues Isoliersystem zu erhalten.

#### 4.) Der vollständige Alterungs-Test (FTA, Full Time Aging Test)

Für Isoliersysteme oberhalb von 105°C Dauereinsatztemperatur ist es zwingend notwendig, dass alle Hauptbestandteile gemäß den Vorgaben in UL 1446 bei mindestens drei unterschiedlichen Temperaturen getestet werden (die Nebenbestandteile können, müssen aber nicht Bestandteil des Tests sein, sondern können nachträglich durch verkürzte Tests wie z.B. den Sealed Tube Test verifiziert werden).

Ziel dieses Langzeitalterungstests ist es, die chemische Kompatibilität der eingesetzten Komponenten zu überprüfen. Dazu werden die die Major Components in einer repräsentativen Anordnung (Motor, Trafo oder standardisierte Modelle wie die „Motorette“ bzw. „Traforette“) einer im Standard festgelegten Reihenfolge von Wärme- und Kältelagerungen, Klimawechseltests, Belastungen mit Luftfeuchtigkeit, ggf. mechanischen Vibrationen und zuletzt elektrischen Prüfungen (Isolation gegen Erde, Phase-Phase, Lagenisolation) unterzogen.

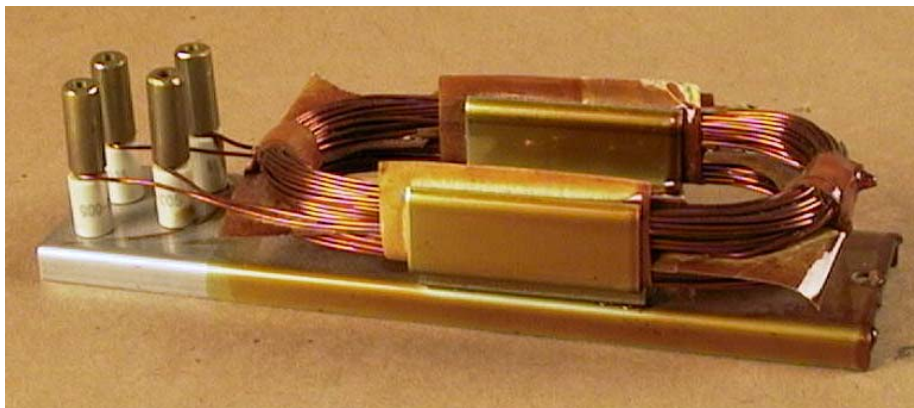


Bild1: Motorette

Ziel der Spannungsprüfungen ist es, festzustellen, wie stark die Abhängigkeit der Spannungsfestigkeit der Major Components von der Alterung innerhalb des chemischen Umfeldes der verwendeten Isoliermaterialien ist.

Die Tests des neuen EIS werden durchgeführt zusammen mit einem vergleichbaren, bereits von UL anerkannten und als Referenz fungierenden Systems, zu dem bereits Praxiserfahrungen vorhanden sind.

Der Test gilt als bestanden, wenn die Spannungsfestigkeit des Isolationsmaterials am Ende jedes Prüfzyklus (siehe Temperaturbelastungstests in der folgenden Tabelle) noch eine Spannungsfestigkeit von 600V (Phase-Phase und Phase-Masse) bzw. 120V (Wicklung-Wicklung) aufweist.

Der Test muß bei mindestens 3 verschiedenen Temperaturen durchgeführt werden, um eine zuverlässige Abschätzung abgeben zu können.

Durchzuführende Tests	Vorgaben und Ausfall-Kriterien
Temperaturbelastungstest	Höchste Temperatur: 100 Stunden Niedrigste Temperatur: 5000 Stunden
Kälteschock	- 20°C
Mechanische Belastung	Vibration mit 60 Hz (Motorette 60 Minuten, Traforette 3 Minuten)
Feuchtigkeitsbelastung	48 Stunden bei über 92% und Raumtemperatur
Kriterien für das Bestehen des Tests	600Veff Spannungsfestigkeit über 10 min - Phase-Phase - Phase-Masse 120Veff Spannungsfestigkeit über 10 min - Wicklung-Wicklung

Tabelle 2: Testbedingungen für FTA-Test

Es werden pro Temperatur (mind. drei verschiedene) 10 Prüflinge benötigt. Motoretten und Traforetten werden von UL-Mitarbeitern selbst hergestellt – bei Prüfungen an „echten“ Prüflingen stellt der Hersteller diese zur Verfügung. Die anzusetzenden Temperaturen richten sich nach der angestrebten Wärmeklasse und der Möglichkeiten, über die angestrebte Wärmeklasse hinaus die Materialien zu belasten. Ein 130(B) System kann z.B. bei 150°C, 170°C und 190°C geprüft werden, allerdings kann auch höher oder niedriger getestet werden. Das Test-EIS erhält bei gleichen oder besseren Prüfergebnissen wie das Referenz-EIS mindestens den gleichen Temperaturindex (RTI, Relativer Temperatur Index).

Der typische Ablauf eines Isolationssystem-Tests eines komplett neuen EIS sieht wie folgt aus:

- 1.) Vollständiger Alterungstest
- 2.) Ergänzung der Nebenbestandteile durch Sealed Tube Test
- 3.) Verwendung des EIS in der Endanwendung

Bis zur Zulassung eines neuen EIS vergeht etwa ein Jahr. Sollten die eingereichten Materialien die angestrebte Temperaturklasse nicht erreichen, kann eine Wiederholung der Tests notwendig werden. Da dieser Ausfall eher gegen Ende der Testphase zu erwarten ist, empfiehlt sich eine sorgfältige Auswahl der eingereichten Materialien.

## 5.) Sealed Tube Test (STT)

Alternativ zu einem zeitraubenden vollständigen Alterungstest nutzen viele Anwender die Möglichkeit, mittels verkürzter Tests die gewünschten „Minor Parts“ bestehenden EIS hinzu zu fügen. Ganz deutlich muß man betonen, dass es nicht möglich ist, „Major Parts“ eines bestehenden EIS zu ergänzen oder auszutauschen.

Ausnahmen sind:

- Isolierlacke, die in der zutreffenden Wärmeklasse bereits mittels FTA Test klassifiziert wurden
- Kompositmaterialien wie NMN (Nomex-Mylar-Nomex) oder (DMD) Dacron-Mylar-Dacron), sofern einer der Bestandteile dieser Laminare in mindestens der gleichen Materialstärke Bestandteil des Basis-EIS ist.
- Kupferlackdrahte können ergänzt/ausgetauscht werden gemäß den Bedingungen in Appendix A der UL 1446

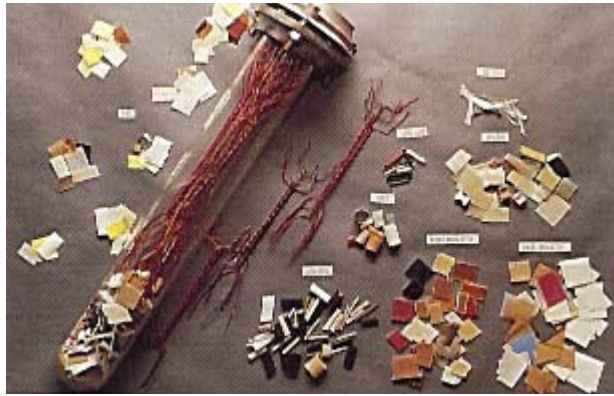


Bild 2: Glaskolben (Sealed Tube) und Wärmeschrank

Der Sealed Tube Test prüft mittels standardisierter Verfahren die chemische Verträglichkeit der Haupt-Isolationsmaterialien in Bezug auf die Ausgasungen der mit beigefügten Nebenbestandteile (z.B. Klebebänder, Vergussmassen, Kordeln).

Hauptaugenmerk wird auf die Durchschlagsspannung der lackisolierten Drähte gelegt. Diese wird nach 14-tägiger gemeinsamer Lagerung aller Bestandteile \*) des EIS in einem abgeschlossenen Prüfraum (Sealed Tube, im Prinzip ein verschlossener Quarzglaskolben) ermittelt. Die Lagerung erfolgt bei der angestrebten Wärmeklassen-Temperatur plus 25°C (jedoch unterhalb des Glasübergangsbereiches).

\*) Innerhalb des Sealed Tube werden kleine Proben der Flächenisolerstoffe, etwa 25x25mm, sowie ausvernetzte Vergussmassen und -lacke und weitere Bestandteile mit je fünf Sätzen verdrehter Lackdrähte eingelagert.

Als Referenz wird ein weiterer Prüfkörper (Sealed Tube) nur mit den Bestandteilen des Original-EIS gefüllt und in gleicher Weise gealtert.

Das modifizierte EIS wird zugelassen, wenn die Spannungsfestigkeit der Wickeldrähte mindestens 50% der Wickeldrähte des Referenz-Tube erreicht.

Nach Durchführung des ST-Tests kann das modifizierte EIS sofort eingesetzt werden, UL gibt den Zeitrahmen für die Durchführung und abschliessende Zulassung des modifizierten Systems mit 8 Wochen an. Die Kosten liegen bei etwa 15.000 EUR, variieren jedoch natürlich mit dem Umfang.

Vorbereitende Arbeiten:

Sofern man ein OBJS2-System (also ein bereits bekanntes, getestetes EIS) gefunden hat, das durch Modifikation den eigenen Bedürfnissen angepasst werden kann, ist es notwendig, mit dem „Eigentümer“ des OBJS2-System in Kontakt zu treten. Er muß UL einen sogenannten „Release-Letter“ zukommen lassen. Mittels dieser Freigabe erlaubt der Inhaber des OBJS2-Systems die gewünschte Modifikation und legt zugleich alle Bestandteile im Original-EIS offen. Mit diesen Informationen kann der Einreicher dann die Probematerialien für den STT zusammenstellen.

Es liegt in der Verantwortung des Einreichers, alle benötigten Bestandteile für den ST-Test UL zur Verfügung zu stellen.

Dienstleister wie ELTEK halten eine große Auswahl von Bestandteilen unterschiedlichster EIS für den ST-Test vor, was die Zusammenstellung der Prüflinge erheblich erleichtert.

## 6.) Übernahme eines bestehenden EIS

Die schnellste, kostengünstigste Methode, ein eigenes EIS zu definieren, ist die Übernahme eines bereits bestehenden EIS ohne jegliche Modifikation \*). Da es nicht notwendig ist, alle Bestandteile eines solchen EIS zu verwenden, sucht man sich als Anwender also ein EIS aus, das alle benötigten Bestandteile enthält.

Die Übernahme eines bestehenden EIS erfolgt auf zwei mögliche Arten:

---

Die elektronische Kopie übernimmt alle Daten des bestehenden EIS in das kundeneigene EIS. Das neue EIS wird in den Follow-Up Service (Qualitätskontrolle) des Kunden aufgenommen. Eine gesonderte Erlaubnis durch den derzeitigen Eigentümer des Original-EIS ist nicht notwendig. Vorteil der elektronischen Kopie ist die automatische Übernahme aller Änderungen des Original-EIS. Deshalb ist diese Übernahme-Form heute die gängigere.

Bei der „Papier-Kopie“ wird die Materialliste des OBJS2-EIS in das kundeneigene OBJY2-EIS kopiert.

\*) Folgende Modifikationen sind bei der Übernahme eines bestehenden EIS möglich:

Ausnahmen sind nur möglich, wenn die Austauschprodukte identisch sind mit den im EIS enthaltenen Produkten. Die Modifikation muß stets mit UL abgestimmt werden.

Die Ähnlichkeit zweier Produkte wird durch einen Vergleich der IR-Spektren ermittelt. Bei ausreichend hoher Gleichartigkeit können diese Produkte ohne weitere Tests ergänzt werden. Aufgrund der Erfahrung bei UL besteht bei Elektroisolier-Klebebändern die Möglichkeit, diese in sogenannten Matrizen zu kategorisieren.

Idee dabei ist, dass viele Klebebänder eines Herstellers sich nur durch die Stärke, Farbe oder Transparenz unterscheiden. Der chemische Aufbau ist jedoch identisch, so dass kein anders gearteter Einfluß auf die Wickeldrähte im Sealed Tube Test zu erwarten ist. Man kann in Absprache mit UL auf diese Weise die Anzahl der einzureichenden Klebebänder reduzieren.

## **7.) Wichtige Hinweise**

UL 1446 prüft nur die chemische Kompatibilität der eingesetzten Werkstoffe bei einer gegebenen Dauereinsatztemperatur. Außer für die Wickeldrähte, Zuleitungen und Isolierlacke wird keine Wärmeklasseneinstufung überprüft. Es ist im Prinzip möglich, Werkstoffe einzureichen, die keinerlei UL-Einstufungen oder UL-Zulassung besitzen. Ausnahmen davon sind solche Werkstoffe, die aufgrund der angestrebten Endanwendung ggf. vorgeschrieben werden.

UL 1446 erfordert keine zusätzliche Bewertung von Materialien, die direkten Kontakt mit spannungsführenden Teilen haben. Dies ist Teil der Prüfungen des Endgerätes und abhängig von der Konstruktion, der Wärmeklassifizierung, den Abständen und anderen Parametern, die durch den entsprechenden Endgeräte-Standard bestimmt werden. Zusätzliche Parameter, die später ggf. berücksichtigt werden müssen, sind zum Beispiel HWI (Hot Wire Ignition), CTI (Comperative tracking index), HAI (High Arc Ignition) usw.. Dies sollte man vor Einreichung der Materialien zur Prüfung für ein neues EIS berücksichtigen.

Alle eingereichten Produkte sollten mit der Bezeichnung des Original-Herstellers benannt sein und nicht mit Händler-Bezeichnungen, da dies zu Problemen für den Endgeräte-Abnehmer (UL-Ingenieur) bei der Zuordnung der Materialien führen kann.

Die Normen IEC 60085 und IEC 60216 sind Internationale Entsprechungen der UL 1446. Sie sind jedoch nicht identisch!

Alle hier dargestellten Informationen sind sorgfältig recherchiert. Dennoch kann keine Gewährleistung für die Richtigkeit übernommen werden. Die Norm kann u.a. über [www.beuth.de](http://www.beuth.de) bezogen werden.