

# BahnPraxis E



**Aktuell** Regelmäßige Überprüfung von Bahnerdungsvorrichtungen

**Spezial** Prüfung ortsveränderlicher Erdungs- und Kurzschließvorrichtungen  
Gefährdungsbeurteilung

## Liebe Leserinnen und Leser,

die Ausgabe 1 des Jahrgangs 2016 konzentriert sich auf die vierte der fünf Sicherheitsregeln, dem „Erden und Kurzschließen“.

Wie sich der Alterungsprozess, insbesondere das Eindringen von Feuchtigkeit in das Leiterseil und die mechanische Schädigungen auf eine Bahnordnungsvorrichtung auswirkt, beschreibt der erste Beitrag.

Der zweite Beitrag bringt uns einen von der BG ETEM an die Hochschule für Technik und Wirtschaft Dresden (HTW Dresden) vergebenen Forschungsauftrag zur Entwicklung eines objektiven messtechnischen Verfahrens näher.

Und im dritten Beitrag geht der Autor auf das System der Gefährdungsbeurteilungen am Beispiel einer Batterieanlage ein.

Wir wünschen Ihnen viel Spaß beim Lesen

## Ihr BahnPraxis E-Redaktionsteam



**Unser Titelbild**

Arbeitsgrenze

Foto: UVB

### Impressum „BahnPraxis E“ Zeitschrift für Elektrofachkräfte zur Förderung der Betriebssicherheit und der Arbeitssicherheit bei der Deutschen Bahn AG

#### Herausgeber

Unfallversicherung Bund und Bahn (UVB) – Gesetzliche Unfallversicherung – Körperschaft des öffentlichen Rechts, in Zusammenarbeit mit der DB Energie GmbH und der DB Netz AG, alle mit Sitz in Frankfurt am Main.

#### Redaktion

Horst Schöberl (Chefredakteur), André Grimm, Martin Herrmann, Marcus Ruch (Redakteure).

#### Anschrift

Redaktion BahnPraxis E, DB Energie GmbH, Ständiger Vertreter des Eisenbahnbetriebsleiters Region West (I.ESS W), Galluspark 23, 60326 Frankfurt am Main.

#### Erscheinungsweise und Bezugspreis

Erscheint in der Regel zweimal im Jahr. Der Bezugspreis ist für Mitglieder der EUK im Mitgliedsbeitrag enthalten. Die Beschäftigten erhalten die Zeitschrift kostenlos. Für externe Bezieher: Jahresabonnement Euro 5,00 zuzüglich Versandkosten.

#### Verlag

Bahn Fachverlag GmbH  
Linienstraße 214, D-10119 Berlin  
Telefon (030) 200 95 22-0  
Telefax (030) 200 95 22-29  
E-Mail: mail@bahn-fachverlag.de  
Geschäftsführer: Dipl.-Kfm. Sebastian Hüthig

#### Druck

Laub GmbH & Co KG, Brühlweg 28,  
D-74834 Elztal-Dallau.

## Oberleitungsanlagen

# Regelmäßige Überprüfung von Bahnerdungsvorrichtungen



Foto: UVB

Uwe Resch, DB Netz AG, Frankfurt am Main

Für Arbeiten an und auch in der Nähe von Oberleitungsanlagen kann die Ausschaltung und Bahnerdung der Oberleitung gemäß Richtlinie 132.0123A01 erforderlich werden. Zur Bahnerdung der Oberleitung und der zugehörigen Bahnenergieleitungen werden Erdungs- und Kurzschließvorrichtungen verwendet.

Diese Vorrichtung besteht aus einer Erdungsstange zum Heranführen und zum Befestigen. Die Vorrichtung selbst besteht aus Anschlussteilen und dem Erdungs- und Kurzschließseil. Diesem Seil kommt besondere Bedeutung zu, da es im Fehlerfall (zum Beispiel unbeabsichtigtes Wiedereinschalten) den Kurzschlussstrom ableiten muss und damit die Lebensversicherung für die Arbeiter darstellt (Abbildung 1).

Die Anforderungen an Erdungs- und Kurzschließvorrichtungen sind in der Norm DIN EN 61230 festgelegt. Durch die erforderlichen mechanischen und elektrischen Prüfungen sind die Vorrichtungen robust und langlebig für den täglichen Gebrauch ausgeführt.

Jedes Gerät unterliegt jedoch einem Alterungsprozess. Eine Bewertung des Alterungsprozesses bei diesen Geräten ist bisher nur durch eine zerstörende Prüfung möglich. Dabei muss der Kabelschuh des Erdungs- bzw. Kurzschließseils abgeschnitten und das Innere des Leitungsseils auf Korrosion und Litzenbrüche überprüft werden. Das Seil wird dabei nur punktuell geprüft. Danach kann wieder ein Kabelschuh aufgepresst und der Knick-Schutz hergestellt werden.

Die Möglichkeit einer zerstörungsfreien Prüfung der Erdungs- und Kurzschließvorrichtungen wurde von der Hochschule für Technik und Wirtschaft (HTW) Dresden in Zusammenarbeit mit der Berufsgenossenschaft Energie Textil Elektro Medien-erzeugnisse (BG ETEM) untersucht.

Durch Einsatz eines Nano-Ohm-Meters können Seile auf nicht sichtbare Schäden im Inneren überprüft werden.<sup>[1]</sup> Bei dieser Überprüfung wird die Änderung des elektrischen Widerstandes bei der Bewegung des Seiles gemessen und dadurch der Zustand des Erdungs- und Kurzschließseils überprüft. Bei der Erprobung wurde mit dieser Methode bei einem Seil Korrosion im Inneren festgestellt.

Schäden im Inneren des Erdungs- und Kurzschließeils können nur durch zwei Schädigungsmechanismen entstehen:

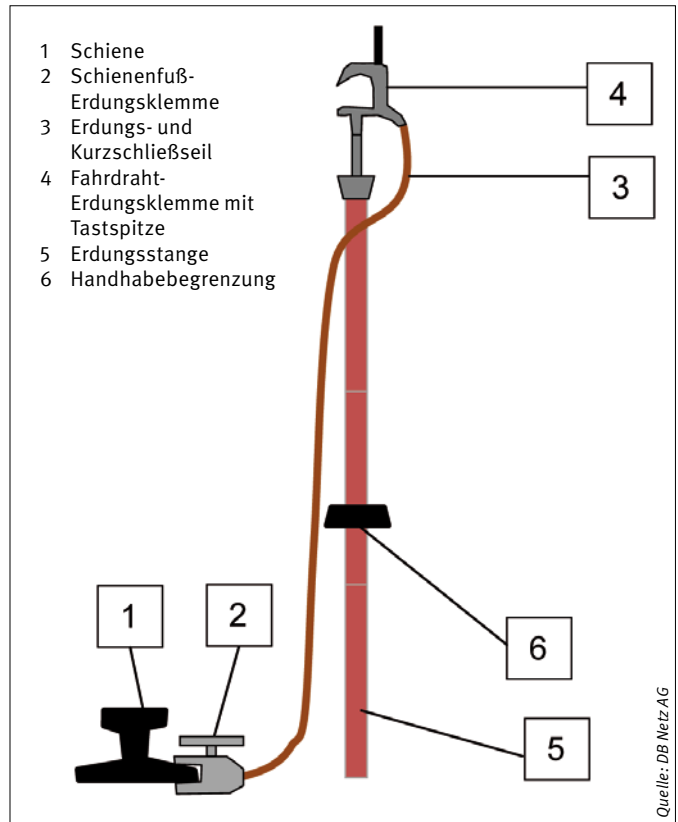
- Eindringen von Feuchtigkeit in das Leiterseil und dadurch erhöhte Korrosion des Materials
- Mechanische Schädigung durch kleine Bewegungen des Seils und Reibung der Litzen aneinander

### Eindringen von Feuchtigkeit

Beim Eindringen von Feuchtigkeit in das Leiterseil entsteht an den Litzen eine erhöhte Korrosion. Dieser Prozess erfordert den Zutritt von Feuchtigkeit und entsteht über einen sehr langen Zeitraum.

Um den Eintritt von Feuchtigkeit in das Kabel zu verhindern, sind längsdichte Kabelschuhe und eine Umhüllung des Übergangsbereiches zwischen Kabelschuh und Kabelmantel vorgeschrieben. Die Norm DIN EN 61230 sieht eine spezielle Ermüdungsprüfung vor.

Abbildung 1: Erdungs- und Kurzschließeilvorrichtungen



Zur Erfüllung dieser Anforderungen ist ein Schrumpfschlauch nicht ausreichend. Das Aufpressen von Kabelschuhen und die Umhüllung des Übergangsbereiches sind deshalb nur vom Hersteller der Erdungs- und Kurzschließeilvorrichtung (EuK) durchzuführen.

Kupfer besitzt als Halbedelmetall eine gute Korrosionsbeständigkeit. Bei Außenbewitterung ist Kupfer weitgehend korrosionsresistent. Es bildet sich jedoch nach einiger Zeit eine Patina, wie die Fahrdrähte und Tragseile der Oberleitung zeigen.

Bei den Kurzschließeilen werden sehr kleine Durchmesser für die Drähte (~0,2 mm) verwendet, so dass sich eine sehr große Fläche für einen Korrosionsangriff ergibt. Im Erdreich und damit ständiger Feuchtigkeit kann der Materialabtrag bis 0,002 mm/a betragen.<sup>[2]</sup> Dieser Materialabtrag ist im Vergleich zum Durchmesser der Drähte gering.

Durch die Alterung der Kunststoffe können nach mehreren Jahren geringe Mengen an Feuchtigkeit in das Seil eindringen und

einen Korrosionsangriff auslösen. Durch die Korrosionsbeständigkeit von Kupfer ist für diesen Fehlerfall nur eine geringe Querschnittsschwächung des Kurzschließeils zu erwarten.

Bei einer trockenen Lagerung kann diese Art der Schädigung verhindert werden. Die stationär vorgehaltenen Vorrichtungen müssen daher trocken gelagert werden. Dadurch ist eine Einsatzdauer von 20 Jahren sicher erreichbar.

### Mechanische Schädigung

Die EuK werden in Fahrzeugen der Instandhaltung und des Notfallmanagements mitgeführt. Durch die Vibrationen und das Schwanken der Fahrzeuge entstehen dabei kleine Bewegungen des Leiterseils. Diese Bewegungen erzeugen eine Bewegung zwischen den Litzen des Leiterseils. Bei einer entsprechend hohen Anzahl von Lastwechseln kann daher eine nicht sichtbare Schädigung im Inneren des Leiterseils entstehen.

Durch die kleinen Bewegungen reiben die Litzen aneinander. Eine vorhandene dünne Oxidschicht wird dabei abgetragen. An der nun blanken Schicht beginnt der Oxidationsprozess erneut, wodurch der Leiterquerschnitt reduziert wird (Tribokorrosion).





Abbildung 2:  
Diese Vorrichtungen dürfen nicht mehr eingesetzt werden

Die mechanischen Belastungen der Seile sind abhängig von der Lagerung im Fahrzeug. Werden die Seile im Fahrzeug aufgehängt, so schaukeln diese hin und her. An der Aufhängestelle entstehen durch das Eigengewicht mechanische Belastungen und auch kleine Bewegungen im Seil. Diese Belastung ist auf einen kleinen Seilabschnitt beschränkt, so dass örtliche Schäden entstehen können.

Werden die Vorrichtungen dagegen liegend transportiert, ist die Belastung durch das Eigengewicht auf das gesamte Seil verteilt. Bewegungen des Seils entstehen nur bei sehr großen Unebenheiten des Fahrwegs. In den Fahrzeugen des Notfallmanagements werden die Vorrichtungen liegend transportiert. Mechanische Schädigungen werden dadurch minimiert. Nach einem Zeitraum von 20 Jahren ist jedoch auch hier von einer Alterung der Kunststoffe (Knickschutz) auszugehen, so dass die Vorrichtungen nach diesem Zeitraum auszutauschen sind.

### Regelmäßige Überprüfungen

In der Richtlinie (Ril) 462.0101 ist die regelmäßige Überprüfung von Erdungs- und Kurzschließvorrichtungen für Oberleitungsanlagen beschrieben. Dabei

werden die Seilhülle und der Knickschutz überprüft. Abbildung 2 zeigt Vorrichtungen, die nicht mehr eingesetzt werden dürfen.

Durch die transparente Seilhülle können gravierende Korrosionsschäden des Leiterseils festgestellt werden. Weiterhin müssen die Anschlusssteile leichtgängig und die Kontaktstellen frei von Korrosion sein.

Bei dieser optischen Überprüfung können Schäden im Inneren des Seils nicht erkannt

werden. Bei entsprechender Lagerung und Mitnahme im Fahrzeug sind Schäden im Inneren des Seils nur nach einem sehr langen Zeitraum zu erwarten.

Eine messtechnische Überprüfung der Vorrichtungen ist daher erst nach einer sehr langen Nutzungsdauer erforderlich. Bei diesen Vorrichtungen sind aber auch Mängel an den Anschlusssteilen und eine Alterung der Kunststoffe zu erwarten. Ein Austausch der Geräte ist daher wirtschaftlich sicherlich vorteilhaft und aus Sicht des Arbeitsschutzes sinnvoll.

### Schlussfolgerung

Bei trockener Lagerung, liegendem Transport in Fahrzeugen und Begrenzung der Einsatzdauer auf 20 Jahre ist die messtechnische Überprüfung mit einem Nano-Ohmmeter nicht erforderlich. Die bisherige Sichtprüfung gemäß Ril 462 ist weiterhin ausreichend.

#### Quellen

- [1] Prüfung ortsveränderlicher Erdungs- und Kurzschließvorrichtungen; etem – Magazin für Prävention, Rehabilitation und Entschädigung – Ausgabe 4.2014
- [2] Elsbeth-Wendler-Kalsch, Hubert Gräfen; Korrosionsschadenkunde; Springer Verlag



## Prüfung ortsveränderlicher Erdungs- und Kurzschließvorrichtungen (EuK)

# Sichten + Messen = Prüfen

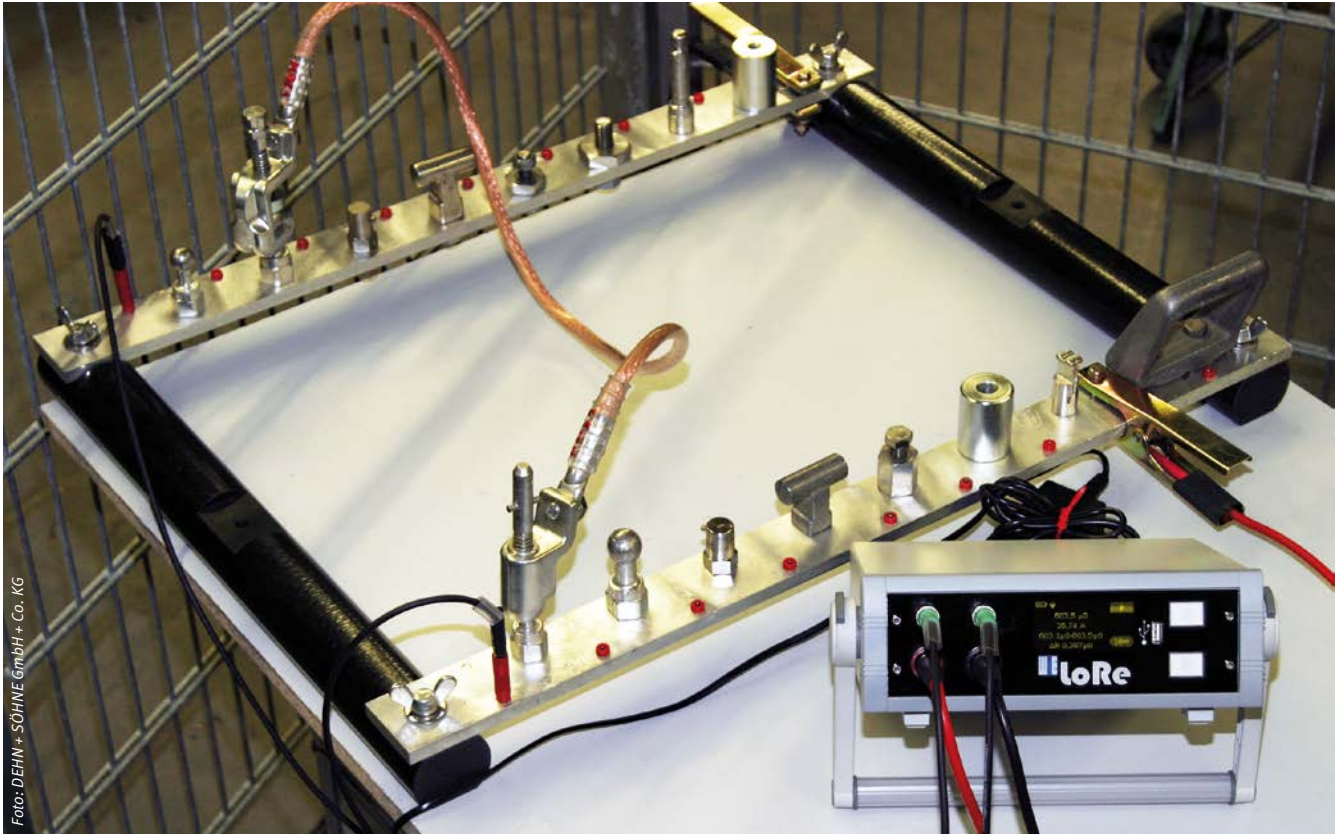


Abbildung 1: Prüfaufbau

**Dipl.-Ing. (FH) Wolfgang Meier**, Produktmanagement Arbeitsschutz, DEHN + SÖHNE, Neumarkt, **Prof. Dr.-Ing. Ralf-Dieter Rogler**, Hochschule für Technik und Wirtschaft (HTW), Dresden, und **Dipl.-Ing. (TH) Heida Maria Leonhardi**, Fachgebiet Elektrische Gefährdungen, BG ETEM, Köln

An ortsveränderlichen Erdungs- und Kurzschließvorrichtungen können Kupferkorrosion und Litzenbrüche bei einem Kurzschluss fatale Folgen haben. Um noch mehr Sicherheit für die Beschäftigten zu erreichen, gibt es jetzt ein objektives messtechnisches Verfahren.

Eine wichtige Maßnahme beim Arbeiten an elektrischen Anlagen nach den 5 Sicherheitsregeln ist die 4. Regel „Erden und Kurzschließen“. Damit wird der spannungsfreie Zustand der Anlage für die Dauer der Arbeiten gegen Beeinflussungsspannungen, atmosphärische Überspannungen, unvorhergesehene Rückeinspeisungen und irrtümliches Wiedereinschalten gesichert. Doch auch diese Sicherheitsmaßnahme ist nur so gut wie die dazu verwendeten Mittel.<sup>[1]</sup>

An ortsveränderlichen Erdungs- und Kurzschließvorrichtungen (EuK) können Querschnittsveränderungen durch Kupferkorrosion und Litzenbrüche bzw. erhöhte Widerstände in den Verbindungen fatale Folgen bei Kurzschlussstrombeanspruchung haben. Mangelhafte Vorrichtungen stellen aus berufsgenossenschaftlicher Erfahrung ein Sicherheitsrisiko dar. Deshalb müssen EuK vor jeder Benutzung und in regelmäßigen Zeitabständen geprüft werden.<sup>[2]</sup>

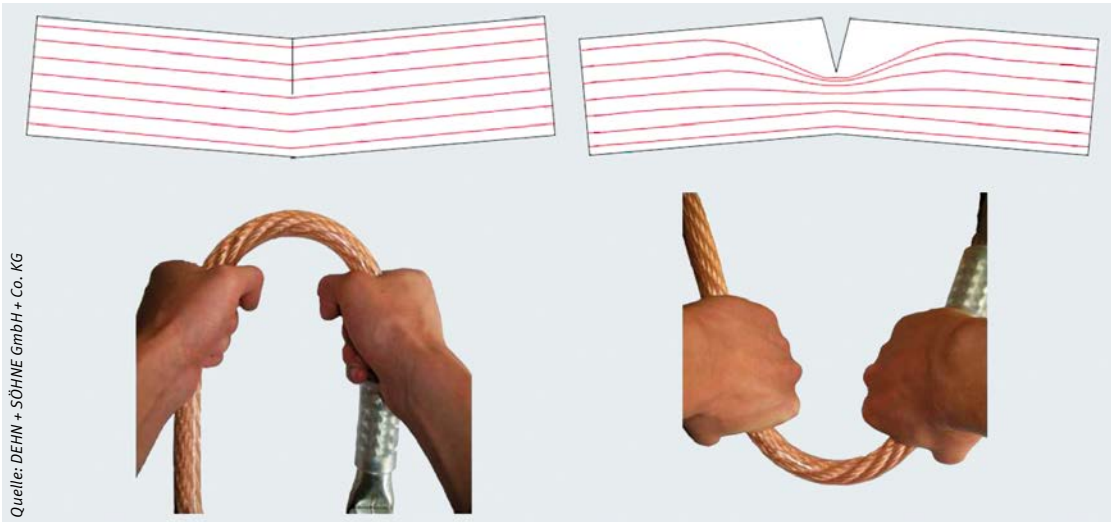


Abbildung 2: Bewegung eines defekten Leiterseils

Quelle: DEHN + SÖHNE GmbH + Co. KG

Bisher ist das wirtschaftlich vertretbar nur über eine optische Begutachtung durch den Anwender selbst oder Dienstleister möglich. Handlungsanleitung dazu ist der Flyer „Arbeitstägliche Sichtprüfung von Erdungs- und Kurzschließvorrichtungen (EuK)“ der BG ETEM<sup>[3]</sup>, der zusammen mit dem Normungskomitee für die VDE 0683-100<sup>[4]</sup> erarbeitet wurde.

Doch eine Sichtprüfung ist immer eine subjektive Begutachtung. Da insbesondere innere, verdeckte Mängel nicht erkannt werden, führt sie zu unscharfen Interpretationen. Deshalb entschloss sich die BG ETEM zu einem Forschungsauftrag für die Entwicklung eines objektiven messtechnischen Verfahrens und vergab diesen an die Hochschule für Technik und Wirtschaft (HTW) Dresden. Das daraufhin entwickelte technische Prüfverfahren wurde erstmals während der 16. Vortragsveranstaltung ELEKTROTECHNIK 2012 in Kassel vorgestellt.<sup>[5]</sup>

Im Folgenden soll die Frage beantwortet werden, wie sich das neue Prüfverfahren in der Praxis bewährt hat.

### Beschreibung des Prüfverfahrens

Bereits in der amerikanischen Norm ASTM F2249-3<sup>[6]</sup> wird ein elektrisches Messverfahren für die Prüfung von EuK beschrieben. Dabei wird ein gemessener absoluter Widerstandswert mit einem berechneten ohmschen Referenzwert verglichen. Es ist ein statisches Verfahren, bei dem die Vorrichtung ruht.

Grundlagenuntersuchungen<sup>[7]</sup> haben jedoch ergeben, dass lokale Beschädigungen wie zum Beispiel Litzenbrüche im Leiterseil nur beim Bewegen der EuK erkannt werden können. Deshalb verfügt das neue Verfahren über eine statische und eine dynamische Prüfungskomponente: Neu ist die Messung der relativen Widerstandsänderung.

Im Ergebnis kann jetzt eine EuK in drei Schritten geprüft werden:

- Schritt 1: optische Prüfung auf sichtbaren Zustand und Schäden an der EuK
- Schritt 2: statische Prüfung – Messung des absoluten Widerstandwertes an der ruhenden EuK
- Schritt 3: dynamische Prüfung – Messung der relativen Widerstandsänderung an der bewegten EuK

Beim neuen Schritt 3 wird die EuK während des Messens bewegt und so die relative Widerstandsänderung  $\Delta R$  ermittelt. Diese relative Widerstandsänderung  $\Delta R$  entsteht, wenn das Leiterseil an der Defektstelle bewegt wird (Abbildung 1), sich dabei Einzellitzen trennen und wieder treffen, dabei das elektrische Strömungsfeld beeinflussen und somit den Widerstand in Relation dazu verändern (Abbildung 2). Für diese relative Widerstandsänderung  $\Delta R$  wurden Grenzwerte theoretisch berechnet und experimentell bewiesen.

An bereits gebrauchten EuK werden folgende Werte gemessen und mit den zuvor ermittelten Grenzwerten verglichen:

- Gesamtwiderstand an der ruhenden Vorrichtung
- Widerstandsänderung am Seil durch Bewegung des Seils
- Widerstandsänderung in der Nähe des Verbinders durch Ziehen

Es zeigte sich auch, dass für neuwertige EuK andere Grenzwerte gelten müssen als für gebrauchte EuK. Im Rahmen der

Abbildung 3: Grenzwerte für neuwertige und gebrauchte EuK

Querschnitt (mm <sup>2</sup> )	16	25	35	50	70	95	120	150
Widerstandsänderung neuwertig $\Delta R_s$ ( $\mu\Omega$ )	25	13	9	8	6	5	4	3
Widerstandsänderung gebraucht $\Delta R_s$ ( $\mu\Omega$ )	100	52	36	32	24	20	16	12
Widerstandsänderung neuwertig $\Delta R_v$ ( $\mu\Omega$ )	267	171	120	86	60	45	36	27
Widerstandbelag $R' = r$ ( $\mu\Omega/m$ )	1935	1240	885	620	440	325	255	205
Temperatur (°C)		-20	-10	0	10	20	30	40
Korrektur		0,84	0,88	0,92	0,96	1,00	1,04	1,08

Quelle: DEHN + SÖHNE GmbH + Co. KG

Praxiserprobung wurden zum Nachweis von Schäden vor allem gebrauchte Leiter untersucht. Bei diesen gebrauchten EuK sind die Einzellitzen stärker oxidiert als bei neuen EuK, was sich in deutlich schlechterer Querleitfähigkeit beim Bewegen zeigt. Dies wird mit unterschiedlichen Grenzwerten in der Tabelle berücksichtigt (Abbildung 3).

### Prüfaufbau

Zum Erfassen des absoluten und relativen Widerstands wird ein speziell angepasster Prüfaufbau verwendet. Dieser besteht aus dem Mikroohmmeter<sup>[8]</sup>, einem Schienen- aufbau aus Aluminium mit entsprechenden Festpunkten zum Anschließen der EuK (siehe Abbildung 1) und einer Software zur automatischen Auswertung der gemessenen Widerstandswerte. Dabei werden die gemessenen Werte mit den zuvor berechneten Grenzwerten gemäß Abbildung 3 verglichen und ausgewertet.

### Praktische Durchführung der Messung

Nach Aufbau des Komplettsystems und dessen Verbindung mit dem Laptop erfolgt eine Referenzmessung zur Funktionskontrolle, zum Beispiel an einer einpoligen EuK mit bekannten Messwerten.

Die erste zu messende EuK wird als Prüfling vorbereitet: Die Seilquerschnitte werden abgelesen, die Seillängen händisch gemessen und diese Werte zusammen mit der Umgebungstemperatur in die Software eingetragen. Aus diesen Werten ermittelt die Software automatisch die Grenzwerte der Vorrichtung und zeigt diese an.

Der so vorbereitete Prüfling wird an die Schienen angeschlossen. Die erforderlichen Messschritte werden von der Software vorgegeben; so kann kein Prüfschritt oder Messwert übersehen werden. Zuerst wird der absolute Widerstandswert eines Messabschnittes gemessen. Anschließend wird durch das Bewegen des Leiterseiles der relative Widerstandswert des Leiterseiles sowie der Pressverbindungen gemessen.

Automatisch vergleicht die Software alle Mess- und Grenzwerte. Sobald ein Messwert den Grenzwert überschreitet, wird das Wertefeld „rot“ gekennzeichnet und die EuK als defekt bewertet (Abbildung 4).

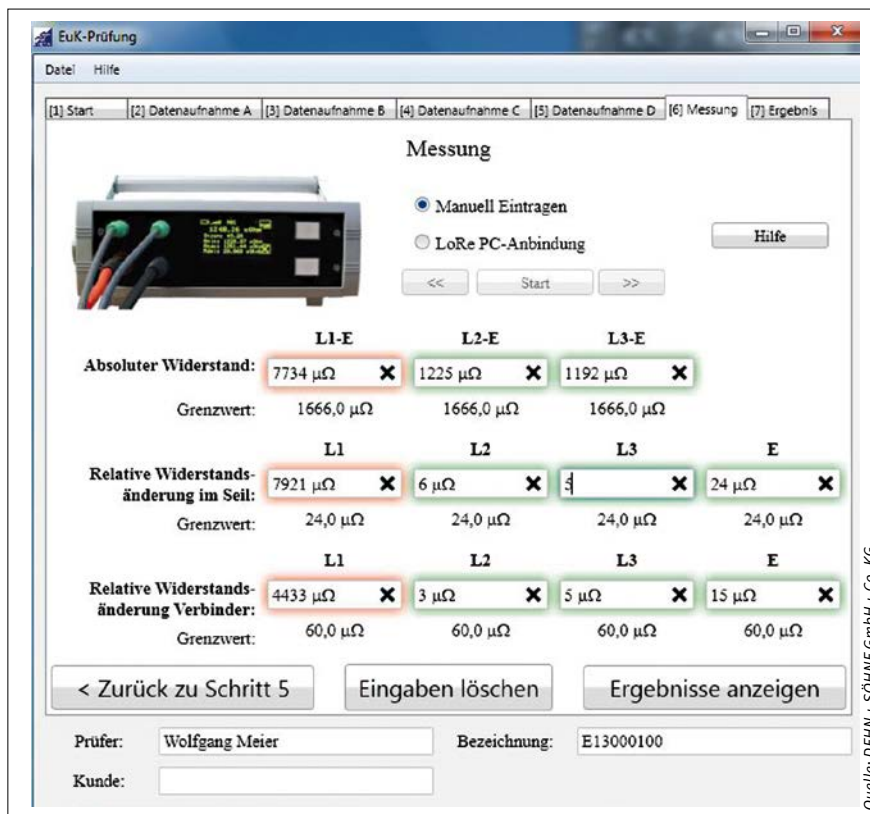


Abbildung 4: Benutzeroberfläche der Software (Auszug)

Nun fordert die Software zur optischen Prüfung auf und verlangt deren Ergebniseintrag. Abschließend steht das Gesamtergebnis der Prüfung bereit und wird von der Software dokumentiert. In der praktischen Bewertung der Messergebnisse zeigte sich, dass die üblichen Messwerte deutlich günstiger liegen als die Grenzwerte. Bei Prüflingen, deren Messwerte nahe am Grenzwert liegen, soll der Grund für die Abweichung vom üblicherweise erwarteten Wert festgestellt werden.

Für eine vorbeugende Instandhaltung wird das Gesamtergebnis als Ampel-Funktion angezeigt, das heißt, das Ergebnis ist am

PC farbig hinterlegt und zudem im Protokollausdruck beschrieben.

- Grün: Grenzwerte hervorragend eingehalten
- Gelb: Grenzwerte gerade noch eingehalten = für Instandhaltung einplanen
- Rot: Grenzwerte nicht eingehalten = EuK reparieren lassen oder aussondern

Das Prüfergebnis steht als PDF-Protokoll zur Verfügung und es kann in einer Excel-Datei verwaltet werden. Die geprüfte EuK wird noch gekennzeichnet, um sie eindeutig identifizieren zu können (Abbildung 5).

Abbildung 5: Kennzeichnung der geprüften EuK





Abbildung 6:  
Mit dem Verfahren erkannter  
Fehler im Leiterseil

### Ergebnisse der Verfahrenserprobung

Insgesamt wurden 261 EuK, die von Energieversorgern und Industrieanwendern im In- und Ausland bereitgestellt wurden, untersucht, davon 41 Prozent dreipolige und 59 Prozent einpolige. Da für die Untersuchungen vor allem ältere gebrauchte EuK bereitgestellt wurden, liegt das Gesamtschadensergebnis mit 68 Prozent relativ hoch. Unter normalen Betriebsbedingungen wird der Anteil der defekten EuK geringer ausfallen.

41 Prozent der beschädigten EuK weisen einen globalen Leiterschaden (absoluter Gesamtwiderstandswert der Vorrichtung ist zu hoch) auf. Der Anteil lokaler Seilschäden (erhöhter Widerstandswert beim Bewegen des Leiterseiles) liegt bei 22 Prozent, der der lokalen Verbinderschäden (erhöhter Widerstandswert beim Ziehen des Verbinders) beträgt 31 Prozent. Circa 40 Prozent der EuK hätten bereits nach der Sichtprüfung ausgesondert werden müssen, wurden aber für die Praxiserprobung des Verfahrens dennoch messtechnisch geprüft.

In der Praxis werden bei der Sichtprüfung die Vorgaben der BG ETEM<sup>[3]</sup> sehr unterschiedlich und subjektiv interpretiert. Die

Erfahrungen zeigen, dass viele EuK-Vorrichtungen noch im Einsatz sind, die nach gewissenhafter Sichtprüfung hätten ausgesondert werden müssen.

Eine Blindstudie mit 17 EuK, bei der zwei Messingenieure unabhängig voneinander und ohne gegenseitige Kenntnis die optische und die elektrische Prüfung ausführten, hat dies bestätigt. Nur 76 Prozent der Ergebnisse bei den optischen Begutachtungen stimmten überein, während bei den elektrischen Messungen 94 Prozent der Ergebnisse übereinstimmend waren.

### Praxisbeispiel A

Bei der Prüfung einer einpoligen EuK (Abbildung 6) stieg der Widerstandswert  $\Delta R$  beim Bewegen des Seiles in einem bestimmten Seilabschnitt sprunghaft an und ging weit über den Grenzwert hinaus. Dieser sprunghafte Anstieg zeigte an, dass eine Fehlerstelle vorliegen könnte.

Äußerlich waren keine Auffälligkeiten erkennbar. Nach dem Entfernen des PVC-Mantels und Aufdrehen der Kupferseele zeigte das innenliegende Kupferseil eine starke Schwarzverfärbung. Die Verfärbung ist eine Folge fortgeschrittener Kupferkorrosion und bedeutet eine Minderung des

effektiv verfügbaren Querschnitts. Einer Beanspruchung im Fehlerfall mit Nennwerten (Bemessungskurzschlussstrom und -zeit) würde diese EuK nicht standhalten, und dies würde zu einer Gefährdung des Monteurs an der Anlage führen.

### Praxisbeispiel B

Mit der Computertomografie (CT) können Schnittbilder von EuK aufgenommen und rechnerbasiert ausgewertet werden. Ausgewählte EuK, die das neue Prüfverfahren als schadhaft erkannt hatte, wurden mit dem CT-Gerät METROTOM<sup>®</sup> 1500 bei der Firma Carl Zeiss untersucht. Der geometrische Messbereich dieses CT-Geräts beträgt jedoch nur zirka 3,5 Zentimeter (Abbildung 7).

Ein Ergebnis der Tomografieuntersuchung zeigt Abbildung 8. Der Prüfling zeigt starke Einschnürungen einzelner Kupferstränge, größere Hohlräume im Seil sowie mehrere Unterbrechungen von Einzellitzen. Dieselbe Beschädigung des Leiterseiles wurde durch das EuK-Prüfverfahren erkannt und detektiert. Das beweist, dass bisher nur mit der aufwändigen und teuren Computertomografie erkannte Fehler auch mit dem neuen und relativ einfachen EuK-Prüfverfahren nachweisbar sind.



Abbildung 7: 3D-Computertomografie Messaufbau, rechts: in rot der Messbereich, in blau die Drehachse

### Zusammenfassung

Sichtprüfungen allein genügen nicht, um alle Schäden an EuK zu erkennen. Verdeckte Schäden sind dabei nicht feststellbar. Es ist davon auszugehen, dass in der Praxis EuK-Vorrichtungen mit inneren Schäden im Einsatz sind oder vorgehalten werden. Für objektive und reproduzierbare Prüfergebnisse ist ein Messverfahren mit einem Mikroohmmeter und entsprechendem Prüfaufbau erforderlich.

Die Ergebnisse zeigen, dass eine Kombination aus optischer Sichtprüfung und messtechnischem Prüfverfahren die Sicherheit der EuK erhöht.

Während der Praxiserprobung wurden der Messablauf, das Mikroohmmeter und die verwendete Software stets weiterentwickelt, um einen praktikablen und effektiven Einsatz sicherzustellen. Gegenüber

den bekannten zerstörungsfreien Prüfverfahren (Thermografie, 3D-Röntgenuntersuchung, Ultraschalluntersuchung) bietet das neue EuK-Prüfverfahren praktische Vorteile. Es kann nicht nur im Labor, sondern auch beim Anwender direkt vor Ort von einer Elektrofachkraft durchgeführt werden.

Das von der Software automatisch erzeugte Protokoll dient als Nachweis für die erfolgte technische Überprüfung, die in angemessenen Abständen erfolgen soll. Je nach den Einsatzbedingungen vor Ort wie Beanspruchung, Häufigkeit der Benutzung und Umgebungsbedingungen sind angemessene Prüfzeiten erforderlich.

In Anlehnung an Prüfzeiten für kapazitive Hochspannungsprüfer empfiehlt sich eine Frist von sechs Jahren. Das neue Prüfverfahren für die Wiederholungsprüfung von EuK kann von befähigten Anwendern

selbst durchgeführt oder von Herstellern als Dienstleistung erbracht werden.

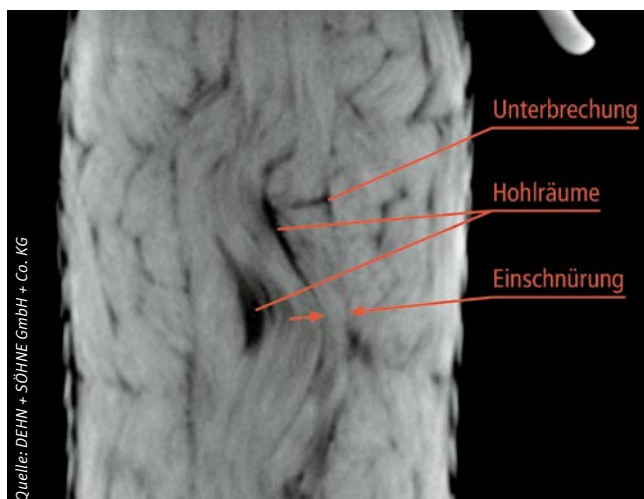
Die BG ETEM wird eine Berufsgenossenschaftliche Information (BGI) zum Thema „Sicherheit von Erdungs- und Kurzschließeinrichtungen“ erstellen.

Nachdruck aus dem Magazin etem, Ausgabe 4.2014

#### Quellen

- [1] „Arbeitsschutzgesetz verpflichtet! – Gebrauch und Instandhaltung von ortsveränderlichen Erdungs- und Kurzschließeinrichtungen“, DEHN + SÖHNE – Druckschrift 153 / 07.13
- [2] Dipl.-Ing. Leonhardi, Heida Maria: „Wiederholungsprüfungen von Erdungs- und Kurzschließeinrichtungen“, BG ETEM, Brücke Ausgabe 4/2009, S. 10 bis 12
- [3] BG ETEM Flyer „Arbeitstäbliche Sichtprüfung von Erdungs- und Kurzschließeinrichtungen (EuK)“, Stand: August 2013, BG ETEM, Bestell-Nr. S034
- [4] DIN EN 61230 (VDE 0683-100): 2009-07: Arbeiten unter Spannung: Ortsveränderliche Geräte zum Erden oder Erden und Kurzschließen (IEC 61230:2008); Deutsche Fassung EN 61230: 2008, VDE-Verlag GmbH, Offenbach und Berlin
- [5] Prof. Dr.-Ing. Rogler, Ralf-Dieter; Dipl.-Ing. Leonhardi, Heida Maria: „Verfahren zur Prüfung von Erdungs- und Kurzschließeinrichtungen“, Band zur 16. Vortragsveranstaltung ELEKTROTECHNIK, Kassel 2012, S. 79 – 83, BG ETEM, M 026
- [6] ASTM F2249 -03: „Standard Specification for In-Service Test Methods for Temporary Grounding Jumper Assemblies Used on De-Energized Electric Power Lines and Equipment“, ASTM International, West Conshohocken, PA, USA (American Society for Testing and Materials (ASTM))
- [7] Dr.-Ing. Brocke, Ralph: „Bewertung von Verfahren zur Wiederholungsprüfung an Erdungs- und Kurzschließeinrichtungen“, Np. Jg. 48(2009), Heft 12, S. 20-24
- [8] Bedienungsanleitung Mikroohmmeter LoRe EuK, April 2014, Werner-Industrielle-Elektronik GmbH, Kreischa

Abbildung 8: Ergebnis Computertomografie



Quelle: DEHN + SÖHNE GmbH + Co. KG

## Gefährdungsbeurteilung

# „Es kommt drauf an“ ...



Foto: André Grimm

Offene Batterieanlage, die mit dem Unfallbeispiel nicht in Verbindung steht

**André Grimm, Unfallversicherung Bund und Bahn, Berlin**

Welcher Schutzabstand gilt?

Darf man das alleine machen?

Was ist mit der „3-Punkt-Methode“?

Die Höhenrettung macht bei uns die Feuerwehr ...

Fragen zur Zulässigkeit von bestimmten Methoden oder Verfahren werden den Präventionsexperten der UVB oft gestellt, lassen sich aber nicht immer einfach mit ja/nein beantworten. Eine sicherheitstechnische Bewertung von Situationen folgt nicht dem Schema schwarz/weiß. Das Leben ist meist bunt und manche Tage sind eben nur dreckig und grau. Juristen beginnen deshalb immer so: „Es kommt drauf an“ ... Techniker führen statt dessen eine Gefährdungsbeurteilung durch.

## Bewertungsgrundlagen

In Gesetzen, Verordnungen und meist auch in Unfallverhütungsvorschriften werden grundlegende und allgemeingültige Schutzziele formuliert. Für die Festlegungen von konkreten Schutzmaßnahmen an bestimmten Arbeitsplätzen oder für spezielle Tätigkeiten ist eine Gefährdungsbeurteilung auf der Basis des Standes von Technik, Arbeitsmedizin und Hygiene durchzuführen.

Unter diesem Stand der Technik verstehen wir im Arbeitsschutz: „Fortschrittliche Verfahren, Einrichtungen und Betriebsweisen, die das Erreichen des gesetzlich vorgegebenen Schutzzieles als gesichert erscheinen lassen“. Der jeweils aktuelle Stand der Technik wird zum Beispiel in berufsgenossenschaftlichen Regeln und in den Technischen Regeln zur den Arbeitsschutzverordnungen dokumentiert.

Die DIN-VDE-Normen der Elektrotechnik hingegen gelten als allgemein anerkannte Regeln der Technik und repräsentieren eine empirisch getroffene Feststellung der Mehrheitsauffassung unter den technischen Praktikern. Es handelt sich dabei nicht immer um den Stand der Technik, sondern oft nur um Mindestanforderungen, auf der Basis der kleinsten gemeinsamen Übereinstimmung der an der Normung beteiligten Kreise.

Die Konzernrichtlinien sind Betriebsfestlegungen, die die allgemein anerkannten Regeln der Technik für den Anwender lesbar übersetzen und damit besser anwendbar machen. Sie regeln spezielle Sachverhalte, die vom übergeordneten Regelwerk nicht erfasst werden und sie dokumentieren auch beispielhaft gefundene und bewährte Lösungen und Schutzmaßnahmen. Betriebsfestlegungen können, über Mindeststandards hinaus, höhere Sicherheitsmaßnahmen fordern.

Das System der Gefährdungsbeurteilung verzichtet auf starre Regeln. Ziel ist immer die Festlegung der notwendigen, der erforderlichen, also der „richtigen“ Maßnahme. Welche Maßnahme „Richtig“ oder „Angemessen“ ist, hängt von der Situation ab und kann selbst in zunächst vergleichbaren Einzelfällen zu verschiedenen Lösungen führen. Regeln sind zu interpretieren, ausulegen, anzuwenden. Sicherheitsmaßnahmen gelten nur dann als zuverlässig und nachhaltig, wenn sie unabhängig vom

Verhalten des Menschen funktionieren. Menschen machen Fehler! Orientiert sich die Gefährdungsbeurteilung jedoch nur an Mindestanforderungen und nutzt alle Ausnahmeregelungen, kann dies zu „nicht angemessenen“ und deshalb nicht ausreichenden Maßnahmen führen.

### Ein Fallbeispiel

Es soll eine Batteriewartung durchgeführt werden. Da die Tür des Batterieraumes aus baulichen Gründen nach innen öffnet, wird festgelegt, dass diese Tür für die Dauer der Arbeiten offen gehalten werden muss. Da eine ausreichende Sicht-, bzw. Hörverbindung zu den anderen Kollegen besteht, soll der Mitarbeiter diese Arbeiten alleine ausführen. Es kommt zu einem äußerst schmerzhaften Arbeitsunfall, als er einen Säurespritzer ins Auge bekommt. Warum die Tür geschlossen war, ließ sich nicht mehr ermitteln. Die Kollegen hörten seine Hilferufe jedenfalls nicht. Der Mitarbeiter verlor zuerst die Orientierung, danach das Bewusstsein und letztlich das Augenlicht.

War die Durchführung der dargestellten Arbeiten zulässig im Sinne der anerkannten Regeln der Technik? Die DIN-VDE 0100-731 „Anforderungen für Betriebsstätten, Räume und Anlagen besonderer Art – Abgeschlossene elektrische Betriebsstätten“ (Oktober 2014) fordert: Zugangs-türen müssen

- Nach außen (in Fluchtrichtung) aufschlagen
- Von innen ohne Schlüssel jederzeit zu öffnen sein

Anmerkung: Die Anforderungen können entfallen, wenn die Tür aufgrund der Größe der elektrischen Betriebsstätte wäh-

rend der Bedienung oder Instandhaltung geöffnet bleibt.

War die Durchführung der Arbeiten so sicher? Nein. Wenn nur Mindestforderungen umgesetzt werden und Ausnahmeregelungen genutzt werden, muss dies an anderer Stelle mit zusätzlichen Maßnahmen, zum Beispiel mit einer verstärkten Aufsichtsführung ausgeglichen werden. Das Offenhalten der Tür war eine reine Verhaltensanforderung und es kam, vermutlich durch Fehlverhalten, zur unzulässigen Alleinarbeit.

### Weitere Beispiele aus Fragen von Versicherten an die UVB

Das Arbeiten in der Nähe unter Spannung stehender Teile ist eine zulässige Arbeitsmethode nach den allgemein anerkannten Regeln der Technik, zum Beispiel der DIN-VDE 0105-100. Das Einhalten von Schutzabständen ist jedoch keine zuverlässige und unabhängig vom Verhalten des Menschen wirkende Schutzmaßnahme im Sinne des Arbeitsschutzgesetzes. Deshalb ist das Arbeiten in der Nähe nur zu begründen oder „angemessen“ durchführbar, wenn die Ausschaltung der betreffenden benachbarten Anlagenteile geprüft wurde und nicht möglich ist.

Gefährliche Alleinarbeit ist im Allgemeinen nicht zulässig. Das gilt zum Beispiel für Arbeiten mit Absturzgefahr, Arbeiten in engen Räumen, in Kanälen und auch fürs Arbeiten unter Spannung. Das bedeutet aber nicht, dass alle anderen Arbeiten alleine sicher durchgeführt werden könnten.

Alleinarbeit sollte immer eine Ausnahme sein und muss immer, vor allem hinsicht-

lich einer funktionierenden Rettungskette, gut organisiert sein. Bei einfachen Tätigkeiten, zum Beispiel im Bürobereich kann dies ggf. mit der vorhandenen Infrastruktur erreicht werden. Ergibt die Gefährdungsbeurteilung ein höheres Risiko, werden zusätzliche organisatorische oder sicherheitstechnische Maßnahmen, zum Beispiel nach DGUV Regel 112-139 erforderlich. Je nach Gefährdungspotenzial kann die notwendige Sicherheit zum Beispiel mit der Vereinbarung von regelmäßigen Meldungen bis hin zur permanenten Überwachung erreicht werden.

Das gesicherte Besteigen von Masten ist heute Stand der Technik. Die früher angewendete 3-Punkt-Methode beim Steigen ist deshalb nicht mehr zulässig, obwohl für manche Teilbereiche, zum Beispiel in der Oberleitung, die allgemein anerkannten Regeln der Technik noch nicht angepasst wurden.

Werden regelmäßig Höhenarbeiten mit Absturzgefahr durchgeführt, muss ein funktionierendes Rettungskonzept erarbeitet und regelmäßig geübt werden.

### Fazit

Die Beispiele sollten die Grenzen der sicherheitstechnischen Bewertung zeigen, wenn sie nur anhand der allgemein anerkannten Regeln der Technik durchgeführt werden. Allein mit der Einhaltung von Vorschriften werden künftig keine bedeutsamen Verbesserungen der Arbeitssicherheit oder bei der Senkung von Unfallzahlen mehr zu erreichen sein.

Verantwortungsvolle Unternehmer werden sich nicht nur auf Mindestanforderungen verlassen, sondern mit einer Gefährdungsbeurteilung und auf dem Stand der Technik sichere Arbeitssysteme organisieren. Die Arbeitssicherheit darf nicht nur ein Spezialthema sein – Arbeitssicherheit muss zum integralen Bestandteil aller Prozesse im Unternehmen werden.

In modernen, wettbewerbsfähigen Unternehmen ist Sicherheit nicht nur wichtig oder hat Priorität: Sicherheit wird sich zu einem selbstverständlichen kulturellen Wert entwickeln. Es geht nicht nur um einen vermeintlich rechtssicheren Betrieb im juristischen Sinn, sondern um einen recht sicheren Betrieb. Darauf kommt es an.

Wertigkeit von Stand der Technik und Regeln der Technik

