

RISK ENGINEERING GUIDELINE

BRANDSCHUTZ IN ELEKTORÄUMEN

HDI Risk Consulting

Feuer

www.hdi.global

HDI



Fehler in elektrotechnischen Einrichtungen sind nach wie vor eine der häufigsten Brandursachen. Elektrische Anlagen und Leitungen stellen hohe, oftmals unterschätzte, Brandlasten dar.



Allgemeines.

Nach den Statistiken des GDV (Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft e. V.) werden ca. 30 % aller Brände durch Mängel an elektrischen Anlagen, Geräten oder Betriebsmitteln verursacht. Zündquellen sind dabei im Wesentlichen defekte, mangelhaft installierte oder unzureichend dimensionierte Betriebsmittel, die durch den elektrischen Strom thermisch überlastet werden.

Ferner kann es über Kabeltrassen bei einem Brandereignis zur Fortleitung des Schadenfeuers kommen. Es entstehen dabei giftige und korrosive Rauchgase. Dies hat nicht selten behördliche Wiederaufbaubeschränkungen und Verzögerungen aufgrund von Dekontaminations- und Sanierungsarbeiten zur Folge.

Ohne elektrische Energie ist ein Betreiben von Produktionseinrichtungen in Unternehmen nicht möglich. An elektrische Anlagen und Betriebsmittel sind daher höchste Anforderungen an die Verfügbarkeit zu stellen, um das Risiko einer längeren Betriebsunterbrechung zu reduzieren.

Dem Brandschutz in Elektroräumen kommt eine besondere Bedeutung zu. Mit Regelungen und Hinweisen, wie sie in nationalen (z. B. DIN VDE) oder internationalen Normen (z. B. IEC) festgelegt sind, lässt sich der Brandschutz für elektrische Anlagen und Betriebsräume alleine nicht vollständig abdecken und dauerhaft aufrechterhalten.



1 Schadenbeispiele.

1.1 Chemieanlage

In einem Chemiewerk zur Herstellung von thermoplastischen Polymeren kam es in der Niederspannungsschaltanlage zu einem Kurzschluss mit Lichtbogen, der die Isolierung der Kabel entzündete. Trotz der sofortigen Brandbekämpfung wurden zwei Schaltschränke vollständig zerstört sowie die benachbarten Verteilungen beschädigt. Die starke Rauchentwicklung verursachte eine Verqualmung der gesamten Niederspannungsschaltanlage und der benachbarten Räume.

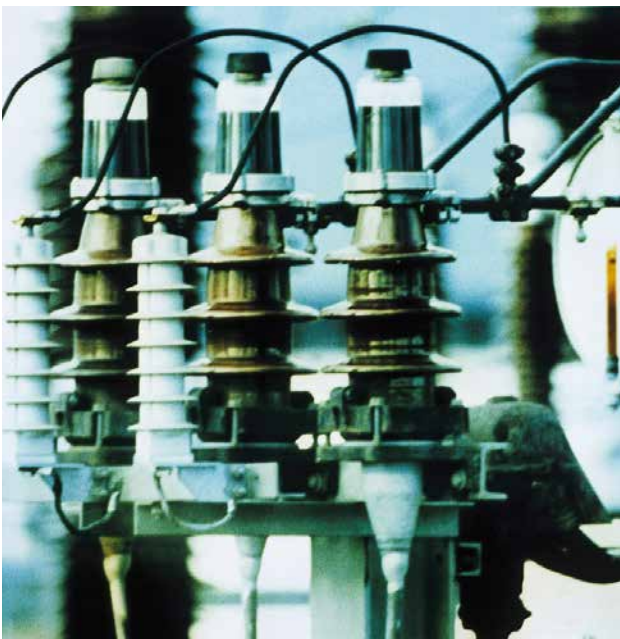
Der Stromausfall führte in nahezu allen Betriebsbereichen zu nachhaltigen Störungen und Ausfällen.

Obwohl mit dem Herunterfahren der Polymerisationsanlagen unmittelbar nach der Störung begonnen wurde, konnten große Bereiche der Produktionsanlagen nicht leer gefahren und gespült werden. Diese Bereiche mussten aufwendig von dem in den Anlagen erstarrten Produkt gereinigt werden.

Folge: Die Produktion ruhte für mehrere Monate.

1.2 Müllverbrennungsanlage

Ein Kurzschluss mit nachfolgendem Lichtbogen führte in einer Sonderabfallverbrennungsanlage zu einem Brand in einem Schaltschrank der 20-kV-Anlage. Von dem Schaltschrank ausgehend konnte sich das Feuer auf weitere Schaltschränke in der Anlage ausbreiten. Die in der Hochspannungsverteilung angeordneten Rauchmelder lösten Alarm aus. Doch erst mehrere Feuerwehren mit einem massiven CO₂-Einsatz konnten den Brand löschen.



Der Brand verursachte einen Stromausfall auf dem gesamten Betriebsgelände. Der Notstromdiesel der Anlage lief zwar ordnungsgemäß an, ging aber vermutlich durch einen brandbedingten Kurzschluss in der Schaltanlage nach kurzer Zeit wieder außer Betrieb.

Die gesamte 20-kV-Anlage wurde zerstört. Die Niederspannungsanlage und die Kompensationsanlagen konnten zwar wieder gereinigt werden, jedoch entstanden durch das unkontrollierte Herunterfahren der Anlage weitere Schäden an der Verbrennungsanlage.

Wie so häufig war der Betriebsunterbrechungsschaden deutlich größer als der Sachschaden.

1.3 Kraftwerk

Eine Trafoexplosion an einem vorübergehend installierten Ersatztrafo im Kabelkeller eines Kraftwerkblockes führte zu einem Brand mit weitreichenden Folgen. Brennendes Trafoöl verteilte sich großflächig und setzte die Kabel in Brand. Über nicht abgeschottete Durchbrüche, Kanäle und Schächte konnte sich der Brand in alle Bereiche des Schaltanlagegebäudes ausdehnen.

Die Klimaanlage, die nur über thermisch auslösende Klappenansteuerungen in den Kanälen verfügte, trug wesentlich zur Rauchausbreitung bei.

Die Brandmeldeanlage alarmierte die Werkfeuerwehr, die aber nicht verhindern konnte, dass die Leitwarte infolge der Verrauchung evakuiert werden musste. Die automatischen Schutzfunktionen führten dazu, dass sich beide Kraftwerksblöcke und die externe Stromversorgung abschalteten.

Der Gesamtschaden (Sach-, Betriebsunterbrechungs- und Elektronikschaden) belief sich auf ca. 45 Mio. €.

Diese Schadenbeispiele zeigen deutlich, welche weitreichenden Folgen ein Brand in einem Elektroraum nach sich ziehen kann. Schon ein kleiner Schaden an den elektrischen und elektronischen Systemen kann sich für ein Unternehmen fatal auswirken.

2 Begriffe.

Unter Elektroräumen im Sinne dieser Risk Engineering Guideline sind zu verstehen:

- Hochspannungsanlagen (z. B. nach DIN VDE 0101)
- Niederspannungsanlagen (z. B. nach DIN VDE 0100)
- Räume, die ausschließlich oder im Wesentlichen dem Betrieb elektrischer Anlagen dienen.



3 Gefahrenquellen/Schadenursachen.

Wie die Auswertung von Schadenereignissen ergeben hat, führen überwiegend folgende Ursachen zu Bränden in Elektroräumen:

- Entstehung von Störlichtbögen.
Auslöser hierfür können sein:
 - Kontaktfehler an den Schraub- und Klemmenanschlüssen von Schützen, Schaltern und anderen Bauteilen (z. B. durch Materialermüdung, Metallfluss an Druckstellen, fehlerhafte oder verschmutzte Klemmverbindungen);
 - Kriechströme durch Feuchtigkeit, Staub, Öl oder Kohlebildung (Kriechstrecken, Schmorstellen);
 - Mechanische Beschädigungen durch Erschütterungen, Schwingungsbeanspruchung oder Nagetierfraß;
 - Isolationsfehler durch Alterung (Versprödung), Fremdstoffeinträge, Witterungs- und sonstige Fremdeinflüsse.
- Bildung eines Wärmestaus durch
 - nicht ausreichende Ableitung der Verlustwärme,
 - durch zu hohe Belegungsdichte in Schaltschränken oder Kabelpritschen,
 - durch Schmutzablagerungen an elektrischen Betriebsmitteln.
- Brandgefahr durch unzulässig hohe Umgebungstemperaturen.
- Unsachgemäße Verlegung von Kabeln und Leitungen, z. B. durch unzulässig kleine Biegeradien.
- Unzulässig große Kräfte an Befestigungsschellen oder Zugentlastung (Deformation).
- Unzureichende Sicherheitsabstände.

4 Schutzmaßnahmen.

4.1 Bauliche Brandschutzmaßnahmen

Folgende Grundsätze sollten beachtet werden:

- Für Hoch- und Niederspannungsschaltanlagen, Kompensations-, Batterieanlagen sowie ölsolierte Bauteile sind baulich und brandschutztechnisch getrennte Räume vorzusehen. Gleiches gilt für Verteilanlagen, Übergabestationen der öffentlichen Versorgung sowie Prozessleitzentralen.

- Bei Schaltanlagen ist zur Ableitung der Druckwelle bei einem Störlichtbogen eine Druckentlastung nach außen vorzusehen.
- Die Wände und Decken der Räume sollten entsprechend der Feuerwiderstandsklasse REI 90 (F 90-A) ausgeführt sein.
- Als Baustoffe sind ausschließlich nichtbrennbare Materialien (z. B. nach DIN 4102) einzusetzen.
- Die Zugangstüren sollten mindestens der Feuerwiderstandsklasse EI₂30-CS (T30-RS) entsprechen.
- Wand- und Deckendurchbrüche für Kabeltrassen sind mit (bauaufsichtlich) zugelassenen Abschottungen zu verschließen, die die gleiche Feuerwiderstandsdauer aufweisen wie die betroffenen Wände oder Decken. Gleiches gilt für Lüftungskanäle, die mit (bauaufsichtlich) zugelassenen Brandschutzklappen zu verschließen sind. Die Brandschutzklappen sind durch Rauchmelder anzusteuern.
- Verfügen brandschutztechnisch voneinander getrennte E-Betriebsräume über eine gemeinsame Klimatisierung/Lüftungsanlage, muss über die Steuerung der Brandschutzklappen und die automatische Abschaltung sichergestellt werden, dass sich Rauchgase nicht über die Lüftungskanäle verteilen können (Vermeidung einer „Kaltverrauchung“). Optimal wäre eine Redundanz, d. h. getrennte Lüftungsanlagen.
- Das Durchführen von Fremdsystemen, wie medienführende Rohrleitungen, Förderanlagen o. ä., durch elektrische Betriebsräume ist zu vermeiden.

4.2 Anlagentechnik

4.2.1 Störlichtbogenschutz

Störlichtbögen können in Nieder- und Hochspannungsschaltanlagen auftreten und sowohl Personen als auch Sachwerte gefährden. Ursächlich für das Entstehen können Überspannungen, Isolations- oder Handhabungsfehler sein, z. B. durch Überbrückungen von elektrischen Leitern, Überlastungen durch schadhafte Anlagenteile, Missachtung der Sicherheitsregeln usw.

Im Fehlerfall brennt ein Lichtbogen zwischen den fehlerbehafteten Phasen oder gegen geerdete Anlagenteile der Schaltanlage. Innerhalb von 20 ms (eine 50-Hz-Wechselstromperiode) entstehen dabei Temperaturen bis zu meh-

renen 10.000°C und Drücke bis zu mehreren Bar. Durch den Druck und die Hitzeeinwirkung, bei der u. a. Metallteile verdampft werden, kann neben Personenschäden auch die gesamte Schaltanlage bzw. der gesamte Betriebsraum zerstört werden. Dies führt zu einer sofortigen und in der Regel längeren Betriebsunterbrechung.

Trotz der geschlossenen Bauweise moderner Schaltanlagen sind größere Schäden und längere Ausfallzeiten in der Regel nicht zu vermeiden.

Weder mit normalen Brandmeldern noch mit konventionellen Schutzrelais kann ein Lichtbogen schnell genug detektiert und der betroffene Anlagenteil abgeschaltet werden. Von einer Erkennung und Abschaltung durch Erdschlussüberwachungsrelais kann ferner nicht ausgegangen werden, da der Neutraleiter/Erde nicht zwangsläufig vom Störlichtbogen betroffen sein muss. Darüber hinaus sind Störlichtbögen widerstandsbehaftete Ereignisse, deren Strom nicht oberhalb des Nennauslösestroms der Schutz-einrichtung liegen muss, was zu keinem Auslösen bzw. verlängerten Abschaltzeiten der Schutz-einrichtungen führt.

Störlichtbogenschutzsysteme erkennen den Lichtbogen, löschen den Lichtbogen in wenigen Millisekunden und trennen die fehlerhafte Anlage vom Netz. Im Falle eines auftretenden Störlichtbogens wird dabei parallel zur Fehlerstelle ein metallischer Kurzschluss erzeugt und der Lichtbogen gelöscht, bevor die Druckwelle und die Temperatur ihre Maxima erreichen. Durch den daraus resultierenden Kurzschlussstrom trennt der entsprechende Leistungsschalter die Fehlerstelle vom speisenden Netz. Die Störlichtbogenerfassungssysteme bestehen aus Licht- und Stromsensoren und elektronischen Auswerteeinheiten. Mit den Lichtsensoren, Lichtwellenleitern oder Punktsensoren lassen sich Stromschienen und Anschlussysteme über ihre gesamte Länge überwachen. Der Lichtbogenstrom wird mit Stromwandlern vor jedem einspeisenden Leistungsschalter gemessen.



4.2.2 Anlagentechnischer Brandschutz

4.2.2.1 Brandmeldetechnik

Elektrische Betriebsräume sollten durch eine Brandmeldeanlage mit Rauchmeldern und einer Alarmweiterleitung zu einer ständig besetzten Stelle ausgerüstet sein.

Wichtige Kriterien für die Auswahl eines geeigneten Brandmeldesystems sind u. a.:

- Überwachungsumfang:
 - Raumüberwachung (inkl. Doppelböden und abgehängter Zwischendecken);
 - Einrichtungsüberwachung (z. B. in Schaltschränken) zur Gewährleistung der Früherkennung;
 - Überwachung der Frischluftzufuhr (damit bei einem Brand im Umfeld kein Rauch in diesen sensiblen Bereich eindringt).
- Welche Umgebungsbedingungen (z. B. die Lüftungstechnik im Überwachungsbereich) sind zu berücksichtigen?
- Welche Maßnahmen sind bei einer Brandmeldung einzuleiten (z. B. Alarmierung der Feuerwehr, Spannungsfreischaltung der betroffenen Anlagenteile, Schließen von Klimaklappen)?
- Wie sicher ist die Anlage gegen Falschmeldungen?

Folgende Melder sind hier beispielsweise einsetzbar:

- Punktmelder
Zur Vermeidung von Falschalarmen können diese Melder in Zweigruppen- bzw. Zweimelderabhängigkeit installiert werden.
- Ansaugbrandmelder (Rauchansaugsystem – RAS)
Bei diesem System werden Luftproben über ein Rohrsystem kontinuierlich aus dem zu überwachenden Bereich abgesaugt. Die Absaugung kann unmittelbar am vermeintlichen Brandentstehungsort erfolgen. Diese Melder zeichnen sich durch ein sehr zuverlässiges und extrem empfindliches Ansprechverhalten aus und sind in der Lage, bereits Pyrolyseprodukte zu detektieren, die vor dem Ausbruch offener Flammen entstehen. Die



Täuschungsalarmanfälligkeit ist dennoch äußerst gering. Darüber hinaus können bei diesen Systemen verschiedene Alarmschwellen definiert werden.

Die Auslegung der Brandmeldeanlagen sollte nach international anerkannten Regelwerken (z. B. VdS 2095 Planung und Einbau von automatischen Brandmeldeanlagen) erfolgen. Darüber hinaus ist die Verwendung ausschließlich (VdS) anerkannter Systeme obligatorisch.

4.2.2.2 Feuerlöschanlagen

In Abhängigkeit der Verfügbarkeitsanforderungen einzelner Elektroräume kann über die Überwachung hinaus auch eine automatische Löschtechnik erforderlich sein. Generell sind Gaslöschanlagen zu bevorzugen, wengleich auch Wasserlöschanlagen (mit geringen Einschränkungen) als adäquater Schutz zu bezeichnen sind.

Die Auslegung der Löschanlage sollte nach international anerkannten Regelwerken (z. B. VdS 2093 Richtlinien für CO₂-Feuerlöschanlagen) erfolgen. Darüber hinaus ist die ausschließliche Verwendung anerkannter Systeme obligatorisch.

4.3 Organisatorische Brandschutzmaßnahmen

- In Elektroräumen ist ein generelles Rauchverbot auszusprechen und mit entsprechenden Schildern deutlich zu kennzeichnen.
- Elektrische Betriebsräume dürfen nicht als Lager- oder Abstellräume zweckentfremdet werden und sind von Brandlasten, wie z. B. Transportpaletten, Verpackungsmaterial, Kabeln, Ersatzteilen oder Bürobedarf, freizuhalten.
- Elektrische Betriebsräume dürfen nicht als Elektrowerkstatt oder durch sonstige Arbeitsplätze zweckentfremdet werden.
- Dokumentationen, Handbücher und Schaltpläne sollten nicht in der Nähe von elektrischen Betriebsmitteln liegen, sondern in gesonderten Stahlschränken aufbewahrt werden.
- Das Aufstellen und Betreiben privater Elektrogeräte (z. B. Kaffeemaschinen, Radiogeräte, Kühlschränke) ist im Hinblick auf die damit verbundene Zündgefahr grundsätzlich zu verbieten.
- Feuer- und Heißenarbeiten sind grundsätzlich zu vermeiden. Sind diese dennoch unumgänglich, so ist ein schriftliches Erlaubnisverfahren vorzusehen, bei dem in einem Formblatt die notwendigen Schutzmaßnahmen fixiert und entsprechende Kontrollen während und nach Beendigung der Arbeiten dokumentiert werden (siehe Risk Engineering Guideline „Feuergefährliche Arbeiten“).
- Elektroräume sind in regelmäßigen Abständen von einem Brandschutzbeauftragten zu überprüfen, z. B. hinsichtlich Sauberkeit und Ordnung, Verschluss der Kabelschotts u. ä.

- Unbefugten ist das Betreten der Elektroräume zu untersagen und der Zutritt ist durch entsprechende Maßnahmen zu verhindern (Verschließen dieser Bereiche).

4.3.1 Feuerlöscher

Für die Bekämpfung von Entstehungsbränden durch die Mitarbeiter muss an zentraler Stelle gut sichtbar und leicht zugänglich eine ausreichende Anzahl CO₂-Feuerlöscher aufgestellt werden. Zwar sind Pulverlöscher grundsätzlich für die Brandbekämpfung in elektrischen Anlagen geeignet, verursachen durch die Freisetzung des sehr feinen und hoch korrosiven Löschpulvers aber erhebliche Sekundärschäden.

CO₂ ermöglicht ein rückstandsfreies Ablöschen von Bränden in elektrischen oder elektronischen Anlagen.

Damit Handfeuerlöscher im Ernstfall schnell und effektiv eingesetzt werden können, sind die Mitarbeiter im Umgang zu schulen.

5 Prüfungen.

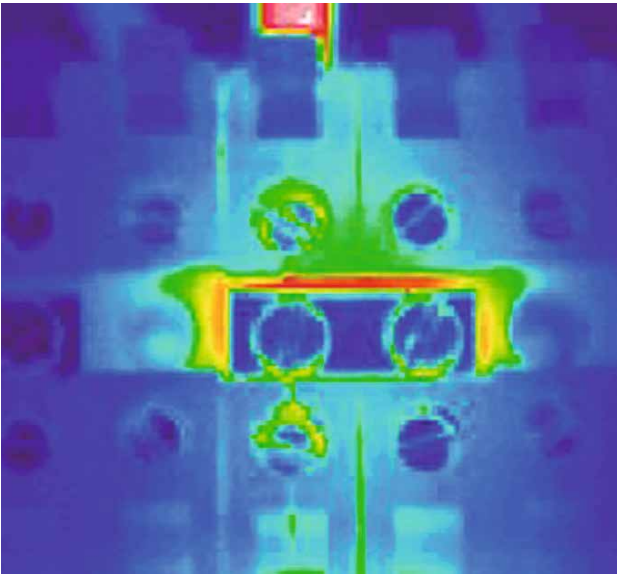
5.1 Erstabnahme

Auch zur Wahrung der Gewährleistungsansprüche sollten Neuanlagen durch einen unabhängigen Sachverständigen einer Erstabnahme unterzogen werden (z. B. nach DIN VDE 0100, Teil 600). Fester Bestandteil der Prüfung sollte auch eine thermografische Untersuchung (siehe 5.3) der Anlage sein. Diese sollte nach ca. vier bis sechs Wochen Betriebsdauer (Realbetrieb) erfolgen.

5.2 Wiederholungsprüfung

Entsprechend der DIN VDE (u. a. VDE 0105-100) ist der ordnungsgemäße Zustand der elektrischen Anlage zu erhalten. Dazu sind regelmäßige Prüfungen der gesamten Anlage unerlässlich. Im Versicherungsvertrag ist eine derartige Prüfung üblicherweise auf Grundlage der VdS 2871 vereinbart. Die Prüfung ist jährlich bzw. bei mängelfreier Anlage alle zwei Jahre von einem VdS-anerkannten Sachverständigen durchzuführen, da dieser

- bei der Prüfung stets neutral und unabhängig ist,
- neben den (VDE-) Normen die besonderen Belange des Brandschutzes, die in den VdS-Richtlinien niedergelegt sind, kennt,
- den Kunden im Sinne des Sachversicherers auch bei Änderungen, Instandsetzungsarbeiten sowie bei Neubauten berät,
- Besonderheiten der Prüfung der elektrischen Anlage im Sinn des Sachschutzes kennt, da übliche Prüfungen (z. B. die Prüfung nach den Unfallverhütungsvorschriften der Berufsgenossenschaften) in der Regel auf den Personenschutz abzielen,
- durch einen unabhängigen Dritten überwacht wird.



Die Zeugnisse der Revisionen sollten zur Vorlage bei Behörden oder beim Versicherer gut aufbewahrt werden.

5.3 Thermografie

Mit dem Einsatz einer thermografischen Kamera (Wärmebildkamera) ergibt sich die Möglichkeit, elektrische Anlagen wie (Verteilungen, Schaltschränke etc.) unter Spannung, also während der Produktion und unter Nennlastbedingungen, auf anormale Erwärmungen hin zu untersuchen. Diese Überhitzungen können durch nicht fachgerechte Arbeiten, alternde Bauteile, lose Klemmen (erhöhte



Übergangswiderstände) oder der im Laufe der Zeit gewachsenen Netze (unvollständige Stromlaufpläne) und der damit verbundenen allmählichen Überlastung verursacht werden. Unzulässig hohe Temperaturen können eine unmittelbare Zündquelle darstellen, oder durch die andauernde Temperaturüberbeanspruchung die elektrische Isolierung schädigen und somit einen Leiter- oder Kurzschluss (mit Lichtbogen) zur Folge haben.

Um eine qualifizierte Prüfung und Beurteilung der Anlagenteile zu gewährleisten, sollten diese durch einen VdS-anerkannten Thermografen erfolgen.

6 Referenzen.

Lokale Standards sollten eingehalten werden.

BGV/BGR/AGI	Diverse Arbeitsblätter
DIN VDE 0100	Errichten von Niederspannungsanlagen
DIN VDE 0101	Starkstromanlagen mit Nennwechselspannungen über 1 kV
DIN VDE 0105-100	Betrieb von elektrischen Anlagen
DIN VDE 0132	Brandbekämpfung und Hilfeleistung im Bereich elektrischer Anlagen
DIN VDE 0185-305	Blitzschutz
EN 54	Brandmeldeanlagen

VdS 2010	Risikoorientierter Blitz- und Überspannungsschutz
VdS 2025	Elektrische Leitungsanlagen
VdS 2046	Sicherheitsvorschriften für elektrische Anlagen bis 1.000 Volt
VdS 2095	VdS-Richtlinien für automatische Brandmeldeanlagen, Planung und Einbau
VdS 2858	Thermografie in elektrischen Anlagen
VdS 2871	Prüfrichtlinien nach Klausel SK 3602
VdS 3501	Isolationsfehlerschutz in elektrischen Anlagen mit elektronischen Betriebsmitteln – RCD und FU

Über HDI Risk Consulting.

HDI Risk Consulting GmbH unterstützt Mittelständler, Industrieunternehmen und Konzerne bei der Schadenverhütung und beim Aufbau eines betrieblichen Risikomanagements.

Dazu bietet HDI Risk Consulting den Kunden Zugriff auf ca. 180 Ingenieure und Spezialisten aus den unterschiedlichsten Fachrichtungen. Ziel ist es, Unternehmen dabei zu unterstützen, Risiken zu beherrschen und somit ein individuelles, risikogerechtes Versicherungs-Deckungskonzept zu erstellen.

HDI Risk Consulting ist weltweit aktiv in den Bereichen Feuer, Kraftfahrt, Technische Versicherung und Transport. Die Tätigkeitsschwerpunkte liegen in der Erkennung und Beurteilung von Risiken sowie der Entwicklung geeigneter individueller Schutzkonzepte.

Die HDI Risk Consulting GmbH ist eine hundertprozentige Tochtergesellschaft der HDI Global SE.

HDI Risk Consulting GmbH
HDI-Platz 1 – D-30659 Hannover
Telefon: +49 511 645-3219
Fax: +49 511 645-4542
Internet: www.hdi.global

Impressum:
Verantwortlich für den Inhalt:
HDI Risk Consulting GmbH

Layout: Insignio Kommunikation GmbH
Fotos: istockphoto.com, mauritius images:
image broker/anton luhr, united archives,
wolfgang weinhäupl, matthias tungler,
stock4B, panthermedia.net

