

# Geräteschutzschalter aus dem Blickwinkel von RoHS und WEEE

**Die Umweltgesetzgebung in Europa blickt momentan fokussiert auf zwei gesetzliche Vorgaben: die Directive 2002/96/EC on Waste Electrical and Electronic Equipment (WEEE) und die Directive 2002/95/EC on the Restriction of the use of certain Hazardous Substances in Electrical and Electronic Equipment (RoHS). Die WEEE legt den Focus auf Wiederverwendung und Recycling und die RoHS beinhaltet zur WEEE begleitende Stoffverbote und -beschränkungen [1]. Wie lauten die Kernaussagen der Direktiven, und welche Konsequenzen ergeben sich daraus für Hersteller und Anwender?**

Peter Meckler

der Stoffverbote abfragen. Die RoHS gilt nicht für Ersatzteile von Produkten oder für die Wiederverwendung von Geräten, die vor dem 1. Juli 2006 erstmals in Verkehr gebracht werden.

## Verbotene Stoffe und ihre zulässigen Grenzwerte

Im deutschen Gesetz über das Inverkehrbringen, die Rücknahme und die umweltverträgliche Entsorgung von Elektro- und Elektronikgeräten (ElektroG) sind maximal zulässige Konzentrationsgrenzwerte für die verbotenen Stoffe festgelegt [3]. Eine entsprechende Ergänzung der EU-Richtlinie ist momentan in Brüssel in Beratung und soll demnächst verabschiedet werden [4]. Die Grenzwerte für Cd liegen bei 0,01 Gew.-% (100 ppm) und für die anderen in der RoHS regulierten Stoffe bei 0,1 Gew.-% (1000 ppm). Diese Grenzwerte beziehen sich auf die eingesetzten „homogenen Werkstoffe“ mit folgenden Ausnahmen:

Blei als Legierungselement in Stahl (< 0,35 %), in Aluminium- (< 0,4 %) und in Kupferlegierungen (< 4 %), Blei in Lötmitteln mit hohem Schmelzpunkt und für verschiedene Anwendungen im EDV- und Telekommunikationsbereich, Cadmium-Beschichtungen.

Die nationalen Interessen der deutschen Industrie werden vom ZVEI (Zentralverband Elektrotechnik- und Elektronikindustrie e. V., [2]) in Brüssel vertreten mit fachlicher Unterstützung der entsprechenden VDE-Fachverbände. Ausgenommen von beiden Richtlinien ist Wehrtechnik, jedoch nicht Produkte, die nicht eigens für militärische Zwecke bestimmt

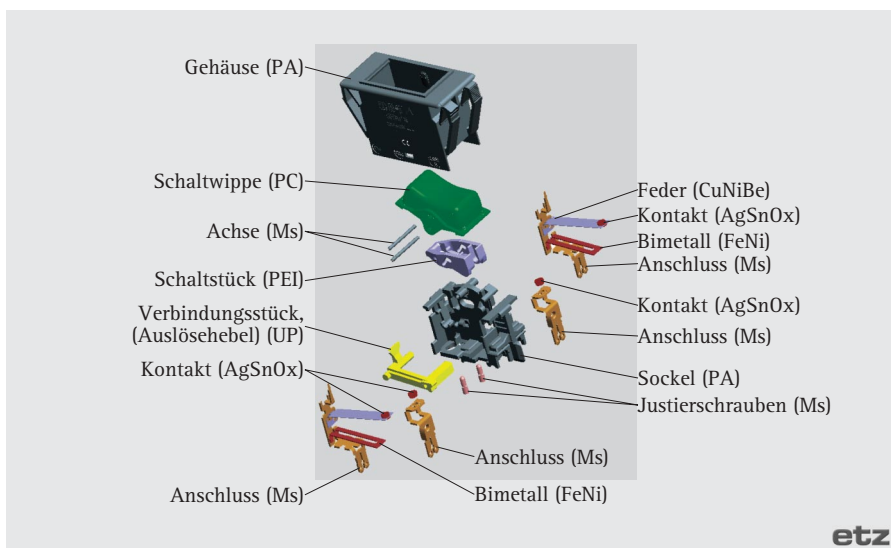
Mit der RoHS treten ab dem 1. Juli 2006 für neu in Verkehr gebrachte Elektro- und Elektronikgeräte Stoffverbote zu Blei (Pb), Cadmium (Cd), Chrom (Cr VI), Quecksilber (Hg) und bromierten Flammschutzmitteln (PBB, PBDE) in Kraft. Zur Einhaltung der Fristen müssen die Hersteller die Umstellung auf Ersatzstoffe bereits vorher veranlassen und ihre Zulieferer hinsichtlich



**Bild 1.** Verschiedene Symbole zur Kennzeichnung der Richtlinien-Konformität von Produkten. Gesetzlich geregelt ist nur die durchgekreuzte Abfalltonne

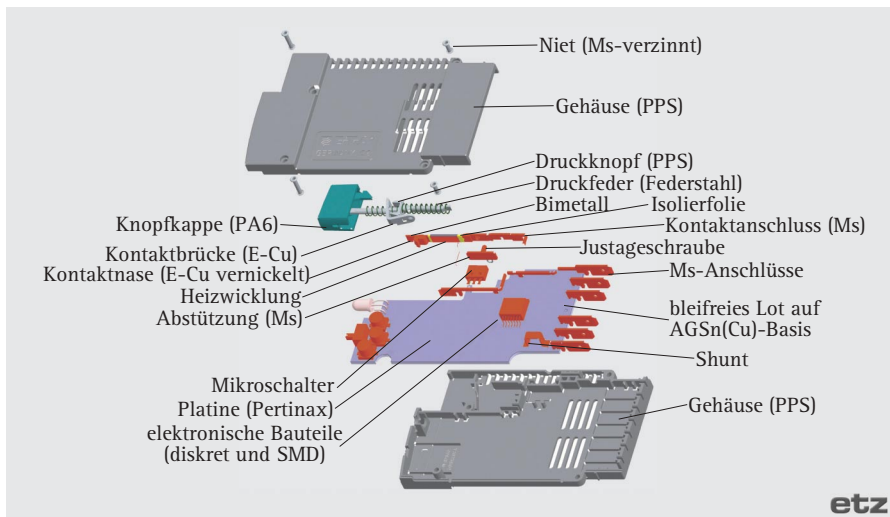
sind. Ebenfalls nicht in den Geltungsbereich fallen Fahrzeuge und eigens dafür vorgesehenes Zubehör, z. B. Sicherungen und Schutzschalter. Dies wird durch die Directive 2000/53/EU End of Live Vehicles ELV für Altfahrzeuge geregelt, die aber ähnliche Beschränkungen, z. B. für Cadmium und Blei, enthält und schon in Kraft gesetzt ist.

Dipl.-Ing Peter Meckler ist Leiter Konstruktion bei der E-TA Elektrotechnische Apparate GmbH in Altdorf. E-Mail: peter.meckler@e-ta.de



**Bild 2.** Typischer Geräteschutzschalter mit Wippenbetätigung, hohe Variantenvielfalt und große Fertigungstückzahlen

etz



**Bild 3.** Elektronischer Geräteschutzschalter mit galvanischer Trennung

Cadmium in elektrischen Kontakten soll entsprechend einem Antrag bei der EU ebenfalls von der RoHS grundsätzlich ausgenommen werden. Dies ist aber noch in Beratung. Die technischen Aspekte eines solchen Verbots werden derzeit im ETG-Fachbereich Q3 „Kontakt-

verhalten und Schalten“ der Energietechnischen Gesellschaft im VDE (ETG, [5]) diskutiert.

Die von vielen Herstellern geforderte Zusicherung, z. B. ein „bleifreies“ Produkt zu liefern, ist irreführend, da mit RoHS-konforme Produkte sehr wohl Blei oder

auch die anderen regulierten Stoffe enthalten können – sofern die Grenzwerte eingehalten werden oder die betroffene Anwendung einer im Anhang zur RoHS genannten Ausnahmeregelungen unterliegt. Es ist offen, was in der späteren Praxis unter einem „homogenen“ Werkstoff zu verstehen sein wird. Die Kommission plant dazu einen amtlichen Leitfaden (Guidance Paper), der in Beispielen die zugelassenen Konzentrationen erläutern soll [6].

### „Bleifrei“ und seine Auswirkungen

Aufgrund der allgemeinen Technologieentwicklung, z. B. bei der Umstellung auf bleifreies Lötten, sollte grundsätzlich geprüft werden, ob generell über die gesetzlichen Vorschriften hinaus für eine Produktgruppe die Beschränkungen auch für alle Teile umgesetzt werden sollen. Sind derartige Bauteile, die nicht in den Anwendungsbereich von RoHS fallen, Lieferprodukte, müssen die Beschränkungen vertraglich vereinbart werden.

Durch die Beschränkung von Blei in der RoHS sind Alternativen zu den Bleilöten erforderlich. Bei der Verwendung

## Werkstoff-/ Schadstoff-Analyse

Datum: 14.04.2005      Schadstoffgruppe: RoHS

Werkstoff-/ Schadstoffauswahl

Blei  
Cadmium  
Chrom-VI  
PBB, PBT polybr. Bi-/Terphenyle  
PBDE (polybrom. Diphenylether)  
Quecksilber

### Enthaltene Werkstoffe/Schadstoffe

Material-Nr.:	3120...	Gesamtgewicht	30,742	g
Material-Kurztext: 3120...-12A				
-----				
Blei			%	ppm
MS0A631	Bd. EN1652-CuZn37-R350-0,8-0,025x34	0,1000	1.000	
MS0A639	Bd. EN1652-CuZn37-R350-0,8-0,025x49	0,1000	1.000	
MSAJ639	Bd. CuZn37-R350-0,8-0,025x49-sel.vz	0,0060	60	
Y30055901	Kontakt Niet 4x0,6x1,8x2	0,0030	30	
Y30269701	Achse	2,5000	25.000	
Y30470501	Gewindestift M2,5x0,25	2,5000	25.000	
-----				
Cadmium			%	ppm
Y30055901	Kontakt Niet 4x0,6x1,8x2	1,0712	10.712	

**Bild 4.** Analyse eines thermischen Geräteschutzschalters nach den Stoffverboten der RoHS

bleifreier Lote ist zu beachten, dass viele dieser Lote auf Basis Zinn/Silber/Kupfer patentiert sind (Patent-Nr. US 5,527,628 [7], Patent-Nr. JP 302744). Die Verwendung dieser Lote ist in Europa möglich. Es muss allerdings geprüft werden, ob damit gefertigte Produkte auch in das nicht-europäische Ausland exportiert werden dürfen. Durch die um rund 30 K höhere Schmelztemperatur der bleifreien Lote müssen Lötanlagen umgerüstet werden, und es sind zusätzliche Investitionen nötig, um der höheren Aggressivität der AgSnCu-Lote Rechnung zu tragen.

Auch in den USA nimmt die Anzahl der Veranstaltungen zu WEEE und RoHS merklich zu. Kernpunkt auf einer Veranstaltung der NEDA [8] im Januar 2005 war u. a. die Frage, was die Zulieferindustrie unternimmt, um die neuen Anforderungen zu erfüllen. Etwa 79 % der Lieferanten wollen die Kompatibilitätsinformationen zur RoHS online zugreifbar machen. Die zu lösenden Aufgaben sollten für viele Firmen Anlass sein, Überlegungen zur Modernisierung und Rationalisierung der Einkaufs- und Lagerprozesse anzustellen [9]. Selbst Industriebereiche, die vorrangig nicht von den Richtlinien betroffen sind, befassen sich inzwischen mit diesem Themenbereich, da mittelfristig bestimmte Materialien nicht mehr am Markt verfügbar oder nur mit Aufpreisen zu beziehen sein werden. So wurde in den USA im Bereich Luftfahrt in Zusammenhang mit der AMC (Aviation Maintenance Conference) eine WG LFE (Working Group Lead Free Electronics) gegründet, die sich mit dem

Einsatz bleifreier Lote in Produkten für die Luftfahrtindustrie befasst [10].

## Werkstoff-/ Schadstoff-Analyse

Datum: 14.04.2005      Schadstoffgruppe: RoHS

Werkstoff-/ Schadstoffauswahl

Blei  
Cadmium  
Chrom-VI  
PBB, PBT polybr. Bi-/Terphenyle  
PBDE (polybrom. Diphenylether)  
Quecksilber

### Enthaltene Werkstoffe/Schadstoffe

Material-Nr.:	ODG...	Gesamtgewicht	64,500	g
Material-Kurztext: ESS20...-8A				
-----				
Blei			%	ppm
CU0A848	Z      Bd. EN13599-Cu-ETP-R240-1,2x37	0,0050	50	
KM0B227	Prof. Dr. EN13605-Cu-ETP-R240	0,0050	50	
KUA063	PPS      schwarz	0,0001	1	
MS0A623	Z      Bd. EN1652-CuZn37-R350-0,8-0,025x24	0,1000	1.000	
MS0A641	Bd. EN1652-CuZn37-R350-0,8-0,025x59	0,1000	1.000	
MS0L641	Bd. EN1652-CuZn37-R350-0,8-0,025x59 vs	0,1000	1.000	
Y30006010	F      Rohrniet B2x10 kz	0,1000	1.000	
Y30006021	F      Rohrniet B2x6,5 kz	0,1000	1.000	
Y30175301	Gewindestift M2x5	2,5000	25.000	
-----				
Cadmium			%	ppm
KUA063	PPS      schwarz	0,0001	1	
-----				
PBB, PBT polybr. Bi-/Terphenyle			%	ppm
KUA063	PPS      schwarz	0,0001	1	
-----				
PBDE (polybrom. Diphenylether)			%	ppm
KUA063	PPS      schwarz	0,0001	1	
-----				
Quecksilber			%	ppm
KUA063	PPS      schwarz	0,0001	1	

**Bild 5.** Beispiel für die Analyse eines elektronischen Schutzschalters nach RoHS

## Kennzeichnung der Produkte

Grundsätzlich sieht das ElektroG eine Kennzeichnung von Elektro- und Elektronikgeräten vor. Diese besteht aus den drei Elementen „Herstellerkennzeichnung“, „durchgekennzeichnete Abfalltonne“ (Bild 1) und „Abgrenzungsdatum des Inverkehrbringens“. Mit dem Symbol der durchgekennzeichneten Abfalltonne soll dem Verbraucher signalisiert werden, dass diese Geräte nicht zusammen mit dem Hausmüll entsorgt werden sollen. Eine Kennzeichnung mit dem Bleifrei-Symbol oder einem RoHS-Compliant-Symbol ist vom Gesetzgeber nicht vorgesehen. Dies ist eine freiwillige Aktion verschiedener Hersteller. Da es momentan keine harmonisierten Symbole gibt, kann der Kreativität hier freier Lauf gelassen werden. Einige weitere Beispiele hierzu sind ebenfalls in Bild 1 zu sehen.

Für Geräteschutzschalter, die ausschließlich im Investitionsgüterbereich bzw. nur als Komponenten innerhalb eines Geräts für den Konsumgüterbereich eingesetzt werden, ist eine Kennzeichnung gesetzlich nicht vorgeschrieben.

## Geräteschutzschalter nach DIN EN 60934 (VDE 0642)

Geräteschutzschalter werden grundsätzlich nach DIN EN 60934 (VDE 0642):2001-12 [11] gebaut. Diese Norm gibt zwar technische Regeln für die Konstruktion derartiger Schaltgeräte und Grenzwerte für bestimmte technische Eigenschaften vor, aber Vorgaben über bestimmte zu verwendende Materialien werden nicht gemacht.

Die Hauptbestandteile eines Geräteschutzschalters sind Gehäuse, Betätigung, Befestigung, Anschlüsse, Schaltschloss, Auslösesystem, Kontaktsystem mit Lichtbogen-Löschleinrichtung sowie Elektronikkomponenten [12]. In Bild 2 ist ein typischer Geräteschutzschalter mit Wippenbetätigung dargestellt. Die hauptsächlich verwendeten Materialien sind: PA 66 ((GF, engl. Glass Fibre, dt. Glasfaser), FR (engl. Flame Retardant, dt. Flammhemmer)), PA 6 (GF, FR), CuZn... (Messing), CuSn... (Zinnbronze), FeNi, AgSnO<sub>x</sub>, XCrNi... (Stahl).

Bei dem in Bild 3 gezeigten elektronischen Schutzschalter mit galvanischer Trennung werden noch einige andere Materialien verwendet: PPS (GF, FR), PI, CuNi (Konstantan), phenolharzgetränktes Papier (Pertinax), AgSn(Cu) Lot (bleifrei). Dazu enthält ein derartiges Gerät noch verschiedene elektronische Bauteile, wie Widerstände, Kondensatoren, Transistoren, Dioden und integrierte Schaltkreise.

Bei thermisch magnetischen Schutzschaltern mit einem Lichtbogen-Löschsystem zum Strombegrenzenden Schalten von Kurzschlussströmen kommen zu den oben aufgezählten Materialien noch folgende hinzu: Fe, FeNi (Ba, Co, Sm), Duroplaste (Polyester, Typ 131 u. a.) sowie Keramik. Dieser Typ von Geräten ist in der Bauart ähnlich wie Leitungsschutz-(LS-)Schalter nach DIN EN 60898-1 (VDE 0641-

11):2005-04 [13] aufgebaut. Die prozentuale Verteilung der Materialien bei diesen LS-Schaltern nach [14] sieht etwa wie folgt aus:

Duroplaste 47 %, Fe-Metalle 34 %, Ne-Metalle 14 %, Thermoplaste 0,8 %, Keramik 0,1 % und Rest 4,1 %. Bei Geräteschutzschaltern werden überwiegend Thermoplaste eingesetzt. Hier ergibt sich für einen typischen thermischen Schutzschalter folgendes Bild: Duroplaste 3 %, Fe-Metalle 26 %, Ne-Metalle 3 %, Thermoplaste 66 % und Rest 2 %.

Duroplaste, wie Phenol- und Harnstoffharze oder Epoxidharze, sind eher unkritisch, da sie im Normalfall keine zusätzlichen Flammhemmer benötigen. Anders sieht es hier bei den Thermoplasten aus. Hier werden als Flammhemmer neben Phosphor heute anorganische Hydroxide, wie Antimontrioxid und Stickstoff, eingesetzt [15]. Metalle, wie Stahl, Aluminium und Kupferlegierungen, sind ebenfalls unkritisch. Problematischer hingegen sind cadmiumhaltige Kontaktwerkstoffe, insbesondere Silber-Cadmium-Oxid (AgCdO<sub>x</sub>). Der Ersatz durch neu entwickelte Werkstoffe, wie Silber-Zinn-Oxid (AgSnO<sub>x</sub>) oder Silber-Eisen-Oxid (AgFeO<sub>x</sub>), gelingt in vielen Fällen, jedoch nicht ohne konstruktive Anpassungen.

Selbst bei Leistungsschaltern nach DIN EN 60947 (VDE 0660-100):2005-01 [16] geht der Trend zu verstärktem Einsatz von Thermoplasten [17]. Insgesamt werden in Deutschland etwa 7,5 % (entspricht 795 000 t) der verarbeiteten Kunststoffe in der Elektro- und Elektronikindustrie verbraucht. Davon sind nur etwa 13 % Duroplaste. Die Polyamide haben mit 9 % insgesamt einen eher bescheidenen Verbrauch. In der gleichen Größenordnung wie die Duroplaste liegen dagegen Polypropylen (14 %), Polystyrol (14 %) und Polyethylen (12 %) [18].

## Die Materialdatenbank IMDS

Die Automobilindustrie hat das Materialdatensystem IMDS ins Leben gerufen. Darin werden durch die Zulieferer sämtliche im Fahrzeugbau verwendeten Werkstoffe archiviert und verwaltet. Die Autoindustrie möchte so die Verpflichtungen erfüllen, die aus internationalen Normen und Verordnungen herrühren [19].

Bei der E-T-A Elektrotechnische Apparate GmbH [20] war firmenintern für den Bereich Geräteschutzschalter zunächst eine Schadstoffdatenbank im Gespräch, um den Erfüllungsgrad der gesetzlichen Vorgaben zu prüfen. Nach Diskussion mehrerer Varianten wurde eine Lösung mit SAP/R3 realisiert. Bei ca. 30 000 aktiven Datensätzen ist dies unter Berücksichtigung von Aufwand und Handling ein Optimum, da der bestehende Materialstamm genutzt werden kann. Die Zusammensetzung der vorhandenen ca. 650 Grundmaterialien muss allerdings eingepflegt werden. Die Gewichtsinformationen, die zur Berechnung des Schadstoffgehalts nötig sind, sind bereits zum größten Teil vorhanden.

Es ist damit gelungen, ein Werkzeug zu erstellen, das es erlaubt, mit wenigen Mausklicks die stoffliche Zusammensetzung der gefertigten Produkte darzustellen. Somit bekommt man das exakte Gewicht auch von bisher noch nicht gefertigten Varianten sozusagen als Abfallprodukt. Dies kann z. B. für die Bestimmung von Versandgewichten bezüglich Frachtkosten und Zoll hilfreich sein.

## Beispiele für die Analyse von Produkten

Als erstes Beispiel ist in Bild 4 die Analyse des in Bild 2 gezeigten thermischen Geräteschutzschalters dargestellt. Der erlaubte Grenzwert von 4 % Blei in Werkstoffen auf Cu-Basis ist bei keinem der Teile überschritten. Als Kontaktwerkstoff wird momentan noch Silber-Cadmium-Oxid verwendet, das in Zukunft durch Silber-Zinn-Oxid ersetzt wird.

Bei der Analyse des elektronischen Schutzschalters aus Bild 3 sind zusätzlich in dem für das Gehäuse verwendeten

Kunststoff PPS-Spuren von Cadmium, Blei, PBB, PBT, PBDE und Quecksilber vorhanden, die jedoch unterhalb der vorgeschriebenen Grenzwerte von 100 ppm für Cd und 1000 ppm für die restlichen Materialien liegen.

Es sind grundsätzlich verschiedene Auswertungen möglich. So können z. B. alle im Betrieb verwendeten Materialien abgefragt werden, die einen bestimmten Grenzwert an Bleigehalt überschreiten, was besonders jetzt in der Zeit vor Ablauf der Fristen sehr hilfreich ist, um notwendigen Handlungsbedarf schnell zu erkennen.

## Ausblick

Auch für die Zeit nach Inkrafttreten von RoHS und WEEE wird es sicherlich weiterhin ein wesentlicher Bestandteil eines PDM-Systems bleiben müssen, jederzeit „auf Knopfdruck“ nicht nur die verbauten Materialien verfügbar zu haben, sondern auch gleichzeitig über deren Zusammensetzung informiert zu sein. Umweltaspekte rücken auch im Investitionsgüterbereich immer mehr in den Blickpunkt des Interesses. Aus diesem Grund ist die Investition in eine Materialdatenbank als Investition in die Zukunft zu betrachten, die sich rechnet.

## Literatur

- [1] Elektro- und Elektronikaltgeräte. Zentralverband Elektrotechnik- und Elektronikindustrie e. V. (ZVEI), Frankfurt/M: [www.zvei.de/index.php?id=34](http://www.zvei.de/index.php?id=34)
- [2] Zentralverband Elektrotechnik- und Elektronikindustrie e. V. (ZVEI), Frankfurt/M: [www.zvei.org](http://www.zvei.org)
- [3] Gesetz über das Inverkehrbringen, die Rücknahme und die umweltverträgliche Entsorgung von Elektro- und Elektronikgeräten (ElektroG) vom 16.03.2005. BGBl. I 57 (2005) Nr. 17, S. 762-774
- [4] Vorschlag für eine Entscheidung des Rates zur Änderung des Anhangs der Richtlinie 2002/95/EC des Europäischen Parlaments und des Rates zwecks Feststellung von Konzentrationshöchstwerten für bestimmte gefährliche Stoffe in Elektro- und Elektronikgeräten. KOM (2004) 606 endg. Noch keine Veröffentlichung im Amtsblatt. Luxemburg: Amt für aml. Veröffentlichungen
- [5] Energietechnische Gesellschaft im VDE (ETG), Frankfurt/M: [www.vde.com/etg](http://www.vde.com/etg)
- [6] Elektro-Altgeräte-Rücknahme unter Dach und

Fach. VDI-Nachrichten 59 (2005) Nr. 6 vom 11. Februar 2005, S. 15

- [7] Anderson, I. E.; Yost, F. G.; Smith, J. F.; Miller, C. M.; Terpstra, R. L.: Pb-free Sn-Ag-Cu ternary eutectic solder. US-Patent US 5,527,628 vom 18.06.1996
- [8] National Electronic Distributor Association (NEDA), Alpharetta, Georgia/USA: [www.nedassoc.org](http://www.nedassoc.org)
- [9] Poschmann, H.: WEEE und RoHS zunehmend im Blickfeld der US-Bauelemente-Distributoren. Bericht über die NEDA-RoHS-Konferenz vom 11. Januar 2005. Berlin: Fachverband Elektronik-Design e. V., 2005 (Online-Dokument unter: [www.fed.de/fachartikel/050111\\_neda.pdf](http://www.fed.de/fachartikel/050111_neda.pdf))
- [10] AMC, Plane Talk, April 2005, p 13, [http://www.arinc.com/amc/plane\\_talk/pt\\_apr\\_05.pdf](http://www.arinc.com/amc/plane_talk/pt_apr_05.pdf)
- [11] DIN EN 60934 (VDE 0642):2001-12 Geräteschutzschalter (GS). Berlin · Offenbach: VDE VERLAG
- [12] Meckler, P.: Geräteschutzschalter und ihre Funktionsprinzipien. etz Elektrotech. + Autom. 125 (2004) H. S3, S. 6-13
- [13] DIN EN 60898-1 (VDE 0641-11):2005-04 Elektrisches Installationsmaterial – Leitungsschutzschalter für Hausinstallationen und ähnliche Zwecke – Teil 1: Leitungsschutzschalter für Wechselstrom (AC). Berlin · Offenbach: VDE VERLAG
- [14] Poppa, E.: Recycling von Niederspannungsschalt- und Schutzgeräten. Tagungsband VDE-Seminar Recycling und Entsorgung bei Kontaktwerkstoffen, Kontaktbauelementen und Schaltern am 5.5.1994 in Frankfurt/M. Frankfurt/M.: VDE, 1994
- [15] Klee, B.: Kunststoffe in der Elektrotechnik – Aspekte des Brandschutzes. Umweltinfo. Zentralverband Elektrotechnik- und Elektronikindustrie e. V. (ZVEI). Frankfurt/M: ZVEI, 2000 (Online-Dokument unter [www.zvei.org/uploads/tx\\_ZVEIpubFachverbaende/Umwelt-Info.pdf](http://www.zvei.org/uploads/tx_ZVEIpubFachverbaende/Umwelt-Info.pdf))
- [16] DIN EN 60947-1 (VDE 0660-100):2005-01 Niederspannungsschaltgeräte – Teil 1: Allgemeine Festlegungen. Berlin · Offenbach: VDE VERLAG
- [17] Hindert, T.: Polyamide in Leistungsschaltern – Anwendungen, Anforderungen, Trends. Tagungsband Fachtagung Kunststoffe in der Elektro-/Elektronikindustrie vom 7.4.–8.4.2005 in Domat/Schweiz. Domat/Schweiz: EMS-Grivory, 2005
- [18] Satorius, I.: Nationale Umsetzung der WEEE/RoHS-RL aus Sicht der deutschen Kunststoffindustrie. Tagungsband Fachtagung Kunststoffe in der Elektro-/Elektronikindustrie vom 7.4.–8.4.2005 in Domat/Schweiz. Domat/Schweiz: EMS-Grivory, 2005
- [19] Internationales Materialdatensystem der Automobilindustrie (IMDS). EDS Informationstechnologie und Service, Rüsselsheim: [www.mdsystem.de](http://www.mdsystem.de)
- [20] E-T-A Elektrotechnische Apparate GmbH, Altdorf (bei Nürnberg): [www.e-t-a.de](http://www.e-t-a.de)