

## Bahn EN 45545 – Leitfaden zur Anwendung für Elektroisolierstoffe



## Impressum

### **Bahn EN 45545 – Leitfaden zur Anwendung für Elektroisolierstoffe**

Herausgeber:

ZVEI - Zentralverband Elektrotechnik- und  
Elektronikindustrie e.V.  
Fachverband Electrical Winding & Insulation Systems  
Lyoner Str. 9  
60528 Frankfurt am Main

Verantwortlich:

Dr.-Ing. Rolf Winter

Telefon: +49 69 6302-402

Fax: +49 69 6302-407

E-Mail: winter@zvei.org

www.zvei.org/ewis

Autoren:

Thomas Dallinger, Albert Schweizer  
Gerald Friederici, CMC Klebtechnik  
Dr. Werner Hollstein, Huntsman Advanced Materials  
Mike Jorzik, Albert Schweizer  
Armin Kahnert, Stockmeier Urethanes  
Frank Kübler, Krempel  
Markus Lütticke, Synflex Elektro  
Philipp Schweiger, Isovolta  
Stefan Seifert, Wevo-Chemie  
Dr. Marek Siatkowski, Block Transformatoren-Elektronik  
Udo Thiel, Block Transformatoren-Elektronik  
Christoph Wesner, Block Transformatoren-Elektronik  
Dr. Rolf Winter, ZVEI

Abbildungsnachweis:

Deckblatt: Gerald Friederici und Krempel GmbH

Abbildungen Gruppierungsregel: Block Transformatoren-Elektronik GmbH

Abbildung A1: Nachbildung gemäß DIN EN 45545-2:2016-02

Wiedergegeben mit Erlaubnis von DIN Deutsches Institut für Normung e. V.

Maßgebend für das Anwenden der DIN-Norm ist deren Fassung mit dem  
neuesten Ausgabedatum, die bei der Beuth Verlag GmbH,  
Am DIN Platz, Burggrafenstraße 6, 10787 Berlin, erhältlich ist.

Mai 2016

Dieses Dokument kann, mit Ausnahme der Abb. 1 und der Tabellen, in jedem  
Format oder Medium, auch auszugsweise, kostenlos wiedergegeben werden,  
vorausgesetzt, es wird korrekt und nicht in einem irreführenden Kontext  
verwendet.

Hierbei muss das ZVEI Copyright ersichtlich sein und der Titel des Dokumentes  
ist anzugeben. Ein Freixemplar des Dokumentes, in dem ZVEI-Material  
verwendet wird, ist zur Verfügung zu stellen.

Trotz größtmöglicher Sorgfalt übernimmt der ZVEI keine Haftung für den Inhalt.

# Inhalt

<b>1</b>	<b>Einleitung</b>	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>Bestimmung der Anforderungen – Wo geht das Bauteil hin?</b>	<b>5</b>
	1. Schritt: Bestimmung der Anwendungsumgebung	5
	2. Schritt: Bestimmung der Gefährdungsstufe	6
	3. Schritt: Gelistete oder nicht gelistete Komponenten	6
	4. Schritt: Bestimmung der Werkstoffanforderungen und Prüfmethode	8
<b>3</b>	<b>Gruppierungsregel und Kompensation</b>	<b>9</b>
	Kompensationsmöglichkeiten	10
	Step-by-Step: Anwendung der Gruppierungsregel	10
<b>4</b>	<b>Fazit</b>	<b>14</b>
	Anhang: Flußdiagramm	15

# 1 Einleitung

Mobilität ist in unserer modernen Gesellschaft ein hohes Gut. Neben Auto und Flugzeug zählen Schienenfahrzeuge zu den wichtigsten Transportmitteln unserer heutigen Zeit.

Bei der Auslegung von Schienenfahrzeugen liegt ein wesentliches Augenmerk auf der Sicherheit der Passagiere und des Personals. Das gilt ebenfalls für den sehr selten vorkommenden Fall eines Zugbrandes. Die größte Bedrohung dabei ist neben den Flammen und der entstehenden Hitze der entstehende Rauch und die toxischen Gase in dem brennenden Zug. Diese Gefahren zu reduzieren ist ein wesentlicher Aspekt der Norm EN 45545<sup>1</sup>.

Verschiedene nationale Normen (z. B. DIN 5510-2:2009, NF F 16-101, BS 6853, etc.) haben bereits in der Vergangenheit die Anforderungen an Materialien für Schienenfahrzeuge beschrieben. Im Verlauf der europäischen Harmonisierung wurde 2009 die CEN/TS 45545 veröffentlicht. Basierend hierauf ist im Juli 2013 die EN 45545 bzw. DIN EN 45545 in Kraft getreten. Nach einer Übergangsfrist von drei Jahren finden ab 01. April 2016 die nationalen Normen keine Anwendung mehr und es gilt nur noch die EN 45545.

Die EN 45545 beschreibt nun europaweit einheitlich die Brandschutztechnischen Anforderungen aller verwendeten Werkstoffe in Schienenfahrzeugen. Sie gelten damit auch für die verwendeten elektrischen und elektronischen Bauteile. Diese Broschüre soll Ihnen als Leitfaden dienen, die Anforderungen an Elektroisolierstoffe und das Design der Komponenten zu verstehen und zu ermitteln. Sie ersetzt nicht die Norm.

---

<sup>1</sup> Der Leitfaden nimmt Bezug auf die DIN EN 45545-2:2016-02. Teilweise auch auf die DIN EN 45545-1:2013-08 und DIN EN 45545-3:2013-08. Im Folgenden jeweils kurz als EN 45545 bezeichnet.

## 2 Bestimmung der Anforderungen – Wo geht das Bauteil hin?

Die Norm ist strukturiert aufgebaut und bewegt sich entlang der Herstellungskette vom Endprodukt (Schienenfahrzeug) zu den Einzelkomponenten. Der Grund für dieses Vorgehen liegt in der unterschiedlichen Gefährdung, die von einem bestimmten Schienenfahrzeug für die Passagiere und das Personal ausgeht. Ein unbesetztes Untergestell zum Transport von Containern erfordert einen geringeren Brandschutz-Level wie ein vollbesetzter Doppelstockwagen.

Die in der Norm beschriebenen Anforderungen an das Brandverhalten von Werkstoffen und Komponenten hängen von deren eigener Beschaffenheit ab, aber auch:

- von der Betriebsklasse und Betriebsart des Schienenfahrzeugs,
- vom Einbauort des Werkstoffes oder der Komponente innerhalb der Konstruktion (e. g. innen oder außen),
- von der Form und Ausführung,
- von der exponierten Oberfläche, der brennbaren Masse und der Dicke,
- von der speziellen Anwendung (Möbel, elektrotechnische Ausrüstungen, mechanische Ausrüstungen).

Eine systematische Vorgehensweise hilft bei der Bestimmung der Anforderungen an Komponenten und Material. Die folgenden, aufeinander aufbauenden Schritte haben sich dabei bewährt:

### 1. Schritt: Bestimmung der Anwendungsumgebung

Als Erstes müssen Betriebsklasse und Bauartklasse des betreffenden Schienenfahrzeuges bestimmt werden.

Die EN 45545-1, Abschnitt 5 legt die entsprechenden Klassifizierungen der Betriebsklasse und Bauartklasse fest.

Die Einstufung der Betriebsklasse (Operation Class) richtet sich vor allem nach der erforderlichen Zeit für eine Evakuierung aufgrund des Einsatzes auf freier Strecke (OC 1) oder unterirdisch (kurzer Tunnel, langer Tunnel, seitliche Evakuierung möglich).

Die Bauartklasse hingegen berücksichtigt, ob die Fahrzeuge Teil eines automatischen Zuges sind (kein geschultes Personal für Notfälle an Bord haben, Klasse A), es sich um Doppelstockfahrzeuge, Schlafwagen (Klasse S), Liegewagen oder sonstige Fahrzeuge handelt (Standardfahrzeuge, Klasse N).

Oftmals wird der Komponenten- oder Materiallieferant wie oben erwähnt diese Klassifizierung nicht selbst durchführen, sondern vom Endkunden vorgegeben bekommen.

## 2. Schritt: Bestimmung der Gefährdungsstufe

Aus der ermittelten Kombination von Betriebsklasse und Bauartklasse des Schienenfahrzeuges ergibt sich die sogenannte Gefährdungsstufe (HL, en: Hazard Level).

Die ermittelte Gefährdungsklasse gibt dann in der Folge die notwendigen brandschutztechnischen Anforderungen (Anforderungssätze) an die Materialien und Komponenten vor.

Betriebsklasse / Operation Class	Bauartklasse:			
	N (Normal/Standard)	A (automatischer Betrieb)	D (Doppelstock)	S (Schlafwagen)
1 oberirdischer Betrieb	HL 1	HL 1	HL 1	HL 2
2 Tunnel < 5 km	HL 2	HL 2	HL 2	HL 2
3 Tunnel > 5 km	HL 2	HL 2	HL 2	HL 3
4 keine seitl. Evakuierung	HL 3	HL 3	HL 3	HL 3

Tabelle 1, Gemäß DIN EN 45545-2:2016-02

Hinweis: Die Anforderungen aus Schritt 1 und 2 werden dem Komponenten- oder Materialhersteller durch den Kunden (dem Hersteller des Schienenfahrzeuges) vorgegeben.

## 3. Schritt: Gelistete oder nicht gelistete Komponenten

Nachdem die Gefährdungsklasse festgelegt ist, folgt nun die Überprüfung, ob es sich um eine „gelistete“ Komponente oder eine „nicht gelistete“ Komponente handelt.

### 3.1. Gelistete Komponenten

Die gelisteten Komponenten sind in Tabelle 2 der EN 45545-2 aufgeführt. Für die diese ergeben sich aus der Tabelle die entsprechenden Anforderungen („R-Satz“, Set aus mehreren Anforderungen wie z. B. Menge toxischer Gase, Rauchgasentwicklung und dazugehörige Messmethode), welche geprüft und von den Komponenten erfüllt werden müssen.

Aus der umfangreichen Auflistung von Komponenten in der Norm sind im Folgenden exemplarisch drei Gruppen elektrotechnischer Produkte dargestellt:

Komponenten Nr.	Name	Beschreibung	Anforderungs-satz
EL7A	Drosseln und Spulen – Innen	Drosselspulen für Filterung der Versorgungsleitung, Wicklungen für luftgekühlte Transformatoren, einschließlich Abstandhalter und Luftleitbleche	R22
EL7B	Drosseln und Spulen – Außen	Drosselspulen für Filterung der Versorgungsleitung, Wicklungen für luftgekühlte Transformatoren, einschließlich Abstandhalter und Luftleitbleche und Isolierung der Fahrmotorwicklung	R23
EL10	Kleine elektrotechnische Produkte	Niederspannungs-Leistungsschalter, Hilfsschütze, Klemmen, Sicherungen	R26

Tabelle 2, Auszug aus DIN EN 45545-2:2016-02

### 3.2. Nicht gelistete Komponenten

Alle nicht in Tabelle 2 der Norm aufgeführten Komponenten-, gelten als nicht-gelistete Komponenten. Diese können wie in der Gruppierungsregel nach Abschnitt 4.3 der EN 45545-2 beschrieben, betrachtet werden (Siehe hierzu auch Abschnitt 3.2 dieser Broschüre).

Einzelne ungelistete Komponenten wie Vergussmassen, Isolationsfolien, Tränklarze, Isolierklebebänder, Lackbeschichtungen auf Drähten usw. können als Einzelkomponenten nach EN 45545 getestet werden. Eine akkreditierte Prüfstelle ermittelt dazu das brandtechnische Verhalten gemäß der EN 45545 und stellt ein Zertifikat aus. Diese Zertifizierung wird von allen Zertifizierungsstellen und Systemlieferanten europaweit anerkannt.

## 4. Schritt: Bestimmung der Werkstoffanforderungen und Prüfmethoden

Anhand der in Schritt 2 festgestellten Gefährdungsstufe und der Anforderung (R-Satz), die sich aus Schritt 3 ergibt, legt die Tabelle 5 der EN 45545-2 die erforderlichen Prüfungen und Grenzwerte für die eingesetzten Komponenten fest.

Insbesondere sind die R-Sätze R22, R23 und R24 für den Einsatz von Isolationsmaterialien von Interesse. Je nach Gefährdungsstufe (Hazard Level) werden unterschiedliche Anforderungen an Brennbarkeit (Sauerstoffindex), Rauchgasdichte und Rauchgastoxizität gestellt (siehe hierzu EN 45545-2, Tabelle 5).

Hinweis: Für Isoliermaterialien, die in Mengen unterhalb der in der Norm angegebenen Grenzgewichte zum Einsatz kommen, kann ggf. nach Anwendung der Gruppierungsregel (siehe Bild 1 – Bewertungsprozess – Gruppierungsregeln der EN 45545-2) auch der R-Satz R24 herangezogen werden, der für diese geringen Mengen Rauchgasentwicklung und Toxizität außer Acht lässt. Siehe hierzu auch das in dieser Broschüre in Abschnitt 3.2 dargestellte Beispiel.



### 3 Gruppierungsregel und Kompensation

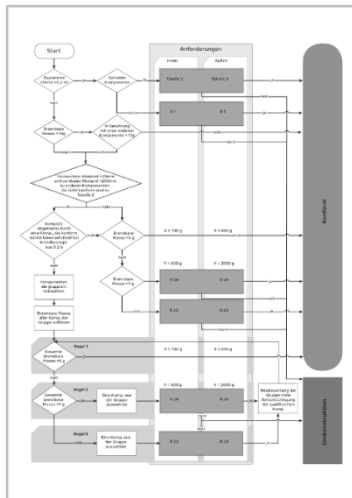


Abb. 1: Flussdiagramm gemäß DIN EN 45545-2:2016-02  
(zum Vergrößern anklicken oder siehe auch am Ende des Dokumentes)

Beispiel:

*Ein Kondensator auf einer Platine hat trotz ggf. geringerem Gewicht eine zu geringe Distanz zu einem weiteren Produkt (Platine), so dass die Gesamtmasse betrachtet werden muss.*

*Die verwendeten Produkte/Komponenten werden also nicht nur nach ihrem eigenen brandtechnischen Verhalten beurteilt. Die Anforderungen an sie hängen auch ab von:*

- a. *der Lage der Materialien innerhalb des Systems*
  - innen
  - außen
- b. *der im Brandfall angegriffenen Oberfläche*
  - kleiner 0,2 m<sup>2</sup>
  - größer 0,2 m<sup>2</sup>
- c. *der relativen Masse*
  - innen < 100 g bzw. < 500 g
  - außen < 400 g bzw. < 1.000 g
- d. *Abstand der nicht gelisteten Produkte zueinander*
  - innen 20 mm horizontal, 200 mm vertikal
  - außen 40 mm horizontal und 400 mm vertikal

*Produkte unter 10 g ohne Berührung zu anderen nicht gelisteten Produkten werden brandschutztechnisch nicht betrachtet.*

Die für die Elektroisoliermaterialien (EIM) überwiegend eingesetzten und zutreffenden Anforderungssätze sind R22 bis R26. Der Anforderungssatz R23 zum Beispiel definiert die einzuhaltenden Grenzwerte je Gefährdungsklasse (HL1...HL3) in Bezug auf Sauerstoffverbrauch, Wärmeleistung und Toxizität für innenliegende, ungelistete Werkstoffe kleiner 0,2 m<sup>2</sup> Expositionsfläche.

Die Gruppierungsregel erlaubt nun, die Zerlegung von Produktgruppen in gelistete Komponenten und ungelistete Komponenten. Zum Beispiel können einzelne Komponenten, die den Anforderungssatz R24 (u. a. Drosseln, Transformatoren, Spulen) bestehen, aus der brandschutztechnischen Betrachtung heraus fallen. Anhand der Gruppierungsregeln kann man prüfen, ob die Masse der Komponenten, für die kein brandtechnischer Nachweis vorliegt, unter 100 g / 400 g liegt (Reduktion der Brandlast). Ein Nachweis unterhalb dieser Grenzen ist nicht erforderlich.

## Kompensationsmöglichkeiten

Falls Isolierstoffe die Anforderungen nach R22 oder R23 für die geforderte Gefährdungsstufe (HL1, 2 oder 3) nicht erfüllen, ist ggf. über die Gruppierungsregel und der Anwendung des Anforderungssatzes R24 dennoch ein Einsatz möglich.

Als Alternative zu den Einzelprüfungen der eingesetzten Werkstoffe – was z. B. bei einem komplexen Steuergerät recht aufwändig werden kann – sind nach der EN 45545 folgende kompensatorische und alternativen Maßnahmen möglich:

- es gibt eine brandschutztechnische Einhausung (Stahlgehäuse, Technikschränk, <2 m<sup>3</sup>)
- die Einhausung ist durch eine Brandmelde- und Feuerlöscheinrichtung geschützt
- es erfolgt eine Zertifizierung des Gesamtsystems (Abbrand z. B. einer gesamten Steuereinheit) ohne Nachweis der Einzelkomponenten.

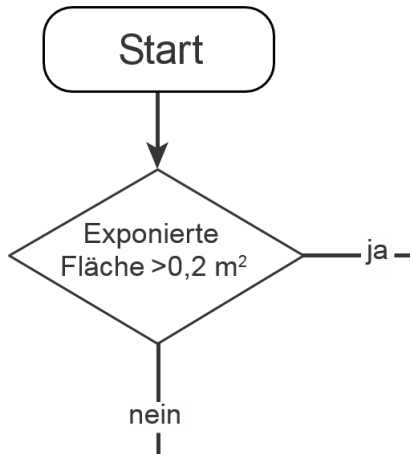
Auf diese Weise können z. B. auch „nicht gelistete“ Komponenten ohne zusätzliche Prüfungen eingesetzt werden, was die Auswahl an Alternativmaterialien erhöht.

## Step-by-Step: Anwendung der Gruppierungsregel

Anhand des folgenden Beispiels wird die Anwendung der Gruppierungsregel verdeutlicht. Dabei wird insbesondere auf exponierte Fläche, Abstände und brennbare Masse eingegangen.

Am Beispiel einer Drosselspule (Komponentennummer EL7A) wird im Folgenden die Anwendung des Flussdiagramms in 8 Schritten erläutert:

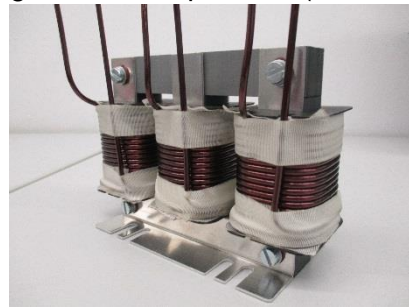
Schritt 1:



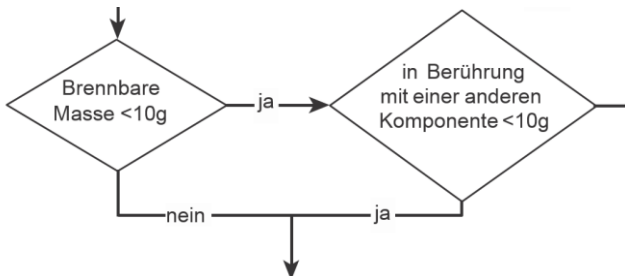
### Beispiel Drosselspule

**Brennbare Masse = 150g / Innenbereich**

- Exponierte Fläche < 0,2m<sup>2</sup>
  - Wenn > 0,2m<sup>2</sup>, dann Tabelle 2, da gelistete Komponente (R22/R23)

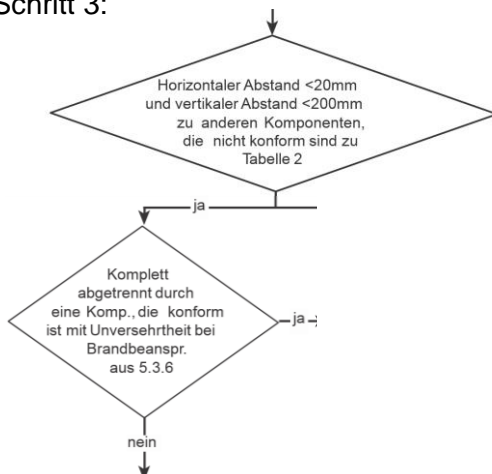


Schritt 2:



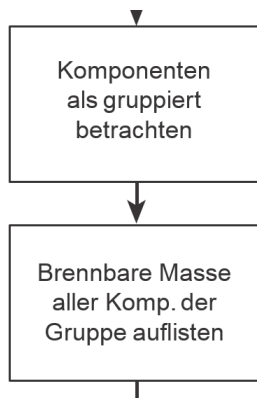
- Brennbare Masse i. d. R. immer größer als 10 g, da Harz, Spulenkörper und sonstige Isoliermaterialien zusammengefasst.

Schritt 3:



- Reguläre Installation unterschreitet die Mindestabstände und verfügt nicht über eine Brandabschottung<sup>1</sup>

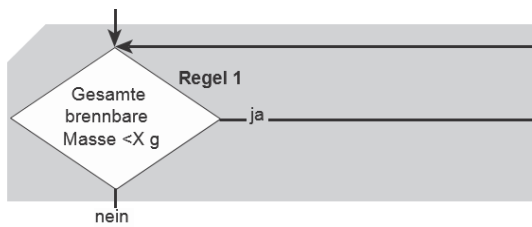
Schritt 4:



- „Zerlegung“ der Drosselspule in ihre Einzelteile

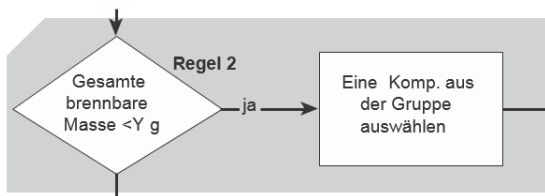


Schritt 5:



- Regel 1 nicht anwendbar, da brennbare Masse > 100 g

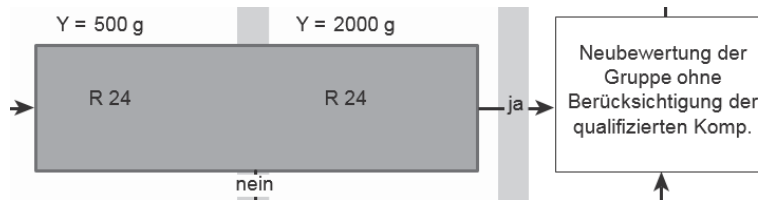
Schritt 6:



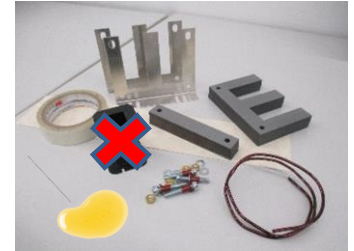
- 1 Komponente verfügt über einen R24 Nachweis



Schritt 7:

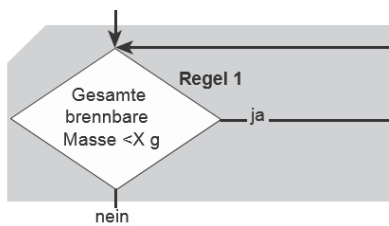


Die zertifizierte Komponente (Spulenkörper (alle)) hat ein Einzelgewicht von 75 g.



Neubewertung der restlichen Materialien in Summe ohne den Anteil der Spulenkörper.

Schritt 8:



Regel 1 nun anwendbar, da brennbare Masse < 100 g

**Konstruktion konform EN 45545-2**

## 4 Fazit

Hersteller und Anwender sind gut beraten, wann immer möglich, nicht pauschal die höchste Gefährdungsklasse (Hazard Level) zu fordern; denn dadurch schränkt man sich bei der Materialauswahl nur unnötig ein. Zudem werden Regelwerke wie REACH und RoHS dazu führen, dass viele der heute verwendeten effektiven Flammschutzmittel zukünftig nicht mehr zur Verfügung stehen.

Die Bahnnorm EN 45545 ist ein komplexes Regelwerk. Man sollte sich daher den grundlegenden Gedanken bewusst machen, dass es um die Vermeidung von Feuer und Brandausbreitung geht. Unter diesem Gesichtspunkt ist die Einteilung in Gefährdungsklassen sowie die brandtechnische Betrachtung von Einzelmaterialien und Gruppen dieser Produkte gut nachvollziehbar.

Die Norm EN 45545 wird sich auch zukünftig weiterentwickeln. Die nächste Revision steht bereits in den Startlöchern und wird damit den steigenden Anforderungen an die Betriebssicherheit folgen.

Für externe Unterstützung verweisen wir auf die die deutsche Akkreditierungsstelle [www.DAKkS.de](http://www.DAKkS.de).

# Anhang: Flußdiagramm

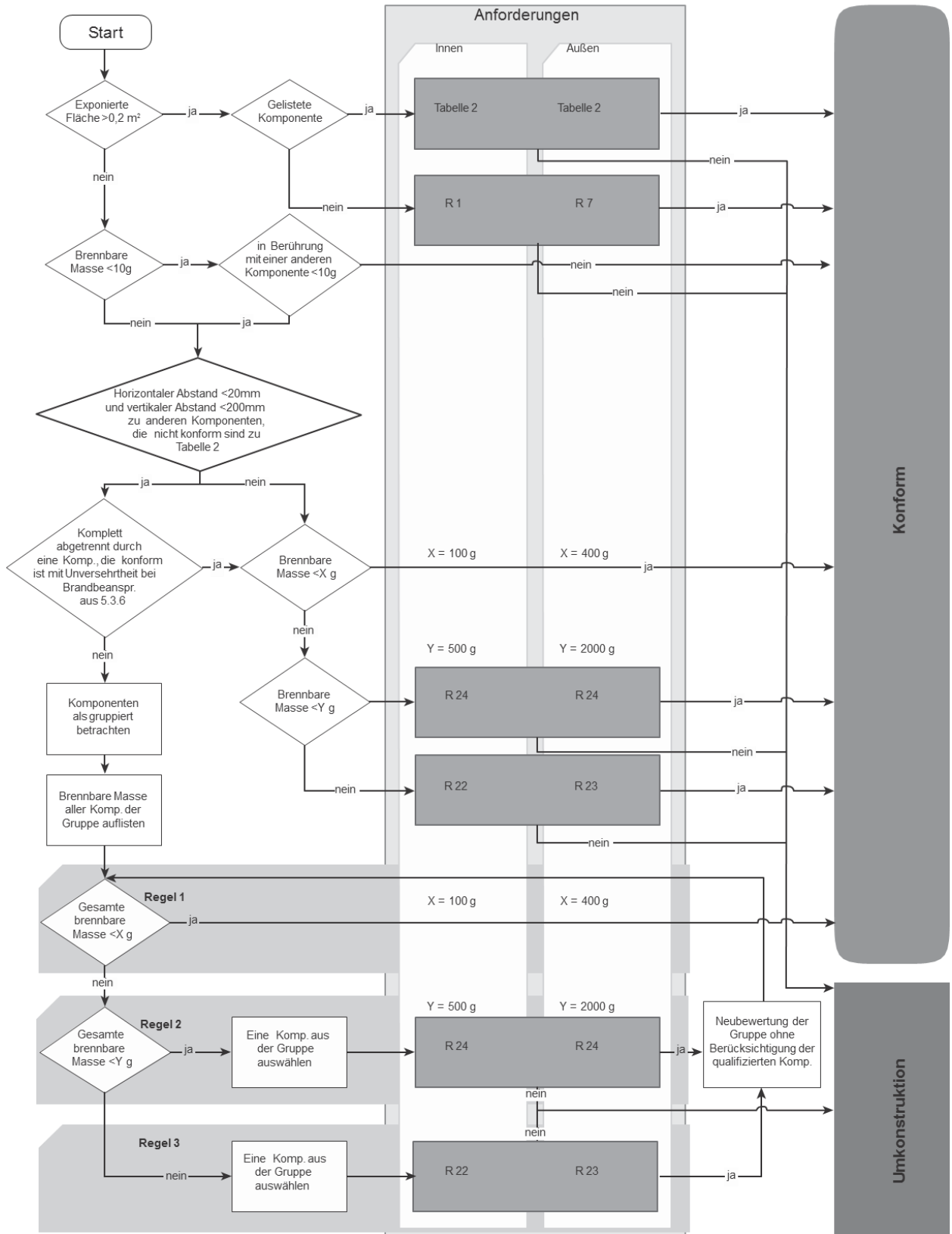


Abb. 1: Flussdiagramm gemäß DIN EN 45545-2:2016-02



ZVEI - Zentralverband Elektrotechnik-  
und Elektroindustrie e.V.  
Lyoner Straße 9  
60528 Frankfurt am Main

Telefon: +49 69 6302-0  
Fax: +49 69 6302-317  
E-Mail: [zvei@zvei.org](mailto:zvei@zvei.org)  
[www.zvei.org](http://www.zvei.org)