

**EN 45545-2 : 2013 + A1:2015 und
2020 + A1:2023**
**Brandschutz in Schienenfahrzeugen –
Prüfung von Kabeln**

**EN 45545-2 : 2013 + A1:2015 and
2020 + A1:2023**
**Fire protection on railway vehicles –
Testing of cables**

Übersicht

Kabel werden in Abhängigkeit des Kabeldurchmessers (Ø) geprüft. Teilweise unterscheiden sich die Anforderungen zwischen der Innen- (Anforderungssatz R15) und Außenanwendung (Anforderungssatz R16).

Overview

Cables are tested according to the cable diameter Ø. The requirements for interior applications (requirement set R15) and exterior applications (requirement set R16) differ in some cases.

Tabelle 1: Anforderungssätze R15 und R16 und Prüfverfahren
Table 1: Requirement sets R15 and R16 and test methods

Kabeldurchmesser / Anwendungsbereich <i>Cable diameter / area of application</i>	Anforderungs- satz <i>Requirement set</i>	Prüfverfahren und Beurteilungsparameter <i>Test methods and evaluation parameters</i>	Anforderungen <i>Requirements</i>		
			HL1	HL2	HL3
Kabel <i>Cables</i>	R15/R16	EN 60332-1-2, zerstörte Länge <i>EN 60332-1-2, destroyed length in mm</i>	verbrannte Länge ≤ 540 <i>Burned length ≤ 540</i> unzerstörte Länge > 50 <i>Undamaged length > 50</i>		
Kabel mit Ø ≥ 12 mm <i>Cables with Ø ≥ 12 mm</i>	R15/R16	EN 60332-3-24, zerstörte Länge <i>EN 60332-3-24, destroyed length in m</i>	≤ 2,5		
Kabel mit 12 mm > Ø > 6mm <i>Cables with 12 mm > Ø > 6 mm</i>	R15/R16	EN 50305 Abs. 9.1.1, <i>EN 50305 Section 9.1.1,</i> (nicht-metallischer Werkstoff 0,5 l/m) <i>(non-metallic material 0.5 l/m)</i> zerstörte Länge <i>destroyed length in m</i>	≤ 2,5		
Kabel mit Ø ≤ 6 mm <i>Cables with Ø ≤ 6 mm</i>	R15/R16	EN 50305 Abs. 9.1.2, <i>EN 50305 Section 9.1.2,</i> (nicht-metallischer Werkstoff 0,5 l/m, Bündeltest) <i>(non-metallic material 0.5 l/m, bundle test)</i> zerstörte Länge <i>destroyed length in m</i>	≤ 1,5		
Kabel für Innenanwendungen <i>Cables for interior applications</i>	R15	EN 61034-2, Transmission in %	≥ 25	≥ 50	≥ 70
Kabel für Außenanwendungen <i>Cables for exterior applications</i>	R16	EN 61034-2, Transmission in %	–	≥ 25	≥ 50
Nichtmetallische Kabelmaterialien <i>Non-metallic cable materials</i>	R15/R16	EN 50305 Abs. 9.2, bei 800 °C, ITC <i>EN 50305 Section 9.2, at 800 °C, ITC [dimensionless]</i>	≤ 10	≤ 10	≤ 6

Prüfung der vertikalen Flammenausbreitung nach EN 60332-1-2

Testing the vertical flame spread according to EN 60332-1-2

Der Gasbrenner erzeugt eine 180 mm lange Flamme mit einer Leistung von 1 kW. Der Brenner wird in einem Abstand von 475 mm vom unteren Ende der oberen Befestigung in einem Winkel von 45° für die Dauer der Flammenbeanspruchung (siehe Tabelle 2) so auf den Prüfkörper gerichtet, dass die Spitze des inneren blauen Kegels auf die Oberfläche trifft.

The gas burner generates a flame 180 mm long with an output of 1 kW. The flame is directed at the test specimen from a distance of 475 mm from the lower edge of the top support at an angle of 45° for the duration of impingement (see Table 2) in such a way that the tip of the inner blue flame contacts the surface.

Die Prüfung gilt als bestanden, wenn bei der

The test specimen passes the test if,

- Flammenausbreitung nach oben der Abstand zwischen dem unteren Ende der oberen Befestigung und dem Beginn der Verkohlung mehr als 50 mm beträgt und
 - Flammenausbreitung nach unten sich die Flamme um nicht mehr als 540 mm vom unteren Ende der oberen Befestigung ausdehnt.
- *in the case of upward flame spread, the distance between the lower edge of the top support and the onset of charring is greater than 50 mm and,*
 - *in the case of downward flame spread, the flame does not extend more than 540 mm beyond the lower edge of the top support.*

Wird die Prüfung nicht bestanden, so sind zwei weitere Prüfungen durchzuführen. Beide Prüfergebnisse müssen die Anforderungen erfüllen.

If the test is not passed, two additional tests are required and the results must meet the requirements in both cases.

Tabelle 2: Dauer der Flammeneinwirkung in Abhängigkeit des Außendurchmessers nach EN 60332-1-2

Table 2: Flame impingement in relation to overall diameter according to EN 60332-1-2

Außendurchmesser D der Probe in mm <i>Overall diameter D of specimen in mm</i>	Dauer der Flammeneinwirkung in s <i>Flame impingement in s</i>
$D \leq 25$	60
$25 < D \leq 50$	120
$50 < D \leq 75$	240
$D > 75$	480

Prüfung der vertikalen Flammenausbreitung nach EN 60332-3-24 oder EN 50305 Abs. 9.1.x

Bei der Prüfung der Flammenausbreitung wird das Brandverhalten von Kabeln oder Leitungen in senkrechter Anordnung festgestellt. Die Abmessungen der Prüfkammer nach EN 60332-3-10 betragen $(4 \times 1 \times 2)$ m. Ein leiterartiges Prüfgestell wird mit Kabeln belegt und vertikal im Kabelschacht montiert, der durch eine Öffnung im Boden mit einem Luftdurchsatz von $5 \text{ m}^3\text{min}^{-1}$ durchströmt wird.

Die Kabel werden mit einem Propan-Luft-Gemisch betriebenen Brenner für 20 min mit einer Leistung von 20,5 kW beaufschlagt. Der Brenner wird in einer Höhe von 600 mm und in einem Abstand von 75 mm zu den Kabeln angeordnet.

Die Länge des Prüfkörpers beträgt 3,5 m. Die Gesamtanzahl der Kabel ist so zu wählen, dass sich nominal ein Volumen an nicht-metallischem Werkstoff von 1,5 l/m bzw. 0,5 l/m des Prüfkörpers, je nach Kabeldurchmesser, ergibt. Für Kabel mit einem Durchmesser von $\leq 6 \text{ mm}$ ist eine besondere Prüfkörpervorbeurteilung notwendig, siehe hierzu Tabelle 3. Die Kabel werden in einer oder mehreren Lagen auf der Vorderseite der Leiter befestigt. Hierbei werden Kabel mit einem Leiterquerschnitt $> 35 \text{ mm}^2$ mit Abstand und alle anderen Kabel ohne Abstand auf der Leiter befestigt.

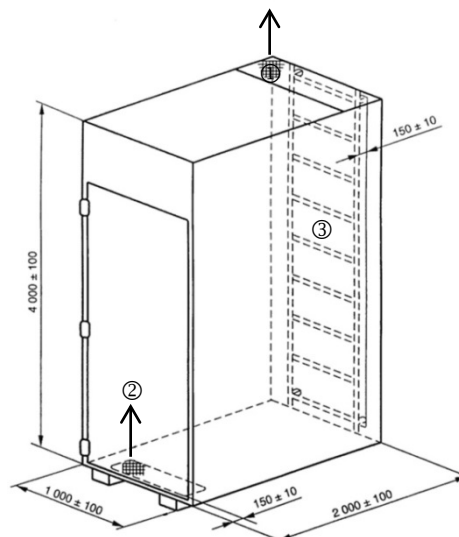
Testing vertical flame spread according to EN 60332-3-24 or EN 50305 Section 9.1.x

When testing flame spread, the fire behavior of cables or conduits in a vertical arrangement is determined. The dimensions of the test chamber according to EN 60332-3-10 are $(4 \times 1 \times 2)$ m. Cables are fitted on a ladder-like test rig mounted vertically in the cable duct, which has an opening at the bottom for air entrainment with a throughput of $5 \text{ m}^3\text{min}^{-1}$.

The cables are exposed to a burner powered by a mixture of propane and air with an output of 20.5 kW for 20 mins. The burner is positioned at a height of 600 mm and a distance of 75 mm from the cables.

The test specimen is 3.5 m long. The total number of cables should be selected so as to give a nominal non-metallic material volume of 1.5 l/m or 0.5 l/m for the test specimen, dependent on the cable diameter. For cables with a diameter of $\leq 6 \text{ mm}$, a special preparation of the test specimen is required, see Table 3. Cables are mounted in one or more layers on the front of the ladder. Cables with a cross-section area $> 35 \text{ mm}^2$ are mounted on the ladder with a gap and all other cables without a gap.

- ① Rauchabführung
- ② Lufteinlass
- ③ Kabelleiter



- ① Smoke exhaust
- ② Air inlet
- ③ Cable ladder

Abbildung 1: Kabelschacht nach EN 60332-3-10
Figure 1: Cable duct according to EN 60332-3-10

Die Kabel erfüllen die Anforderungen, wenn die Höhe des verbrannten Bereichs oberhalb der Brennerunterkante weniger als der jeweilige Grenzwert beträgt. Der verbrannte Bereich wird sowohl auf der Vorderseite als auch auf der Rückseite der Leiter gemessen.

Cables are deemed to comply with the requirements if the vertical burned length is less than the relevant threshold, measured from the bottom of the burner. The burned area is assessed on both the front and back of the ladder.



Abbildung 2: Montage eines Kabelprüfkörpers
 Figure 2: Mounting a cable test specimen

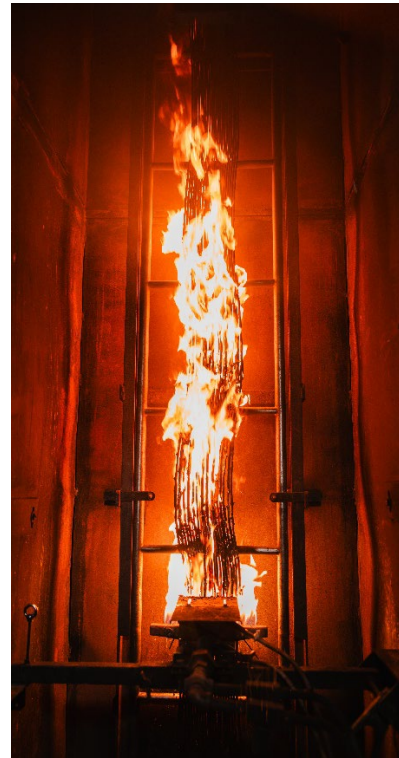


Abbildung 3: Prüfung der senkrechten Flammenausbreitung
 Figure 3: Testing the vertical flame spread

Tabelle 3: Anzahl der Prüfkörper für Kabel mit einem Durchmesser ≤ 6 mm als Bündel
 Table 3: Number of test specimens for cables with a diameter ≤ 6 mm as bundle

Durchmesser des Kabels oder der Leitung (D) Overall diameter of the cable or wire (D)	Anzahl der Kabel und Leitungen im Bündel Number of cables and wires in the bundle
$D \leq 3.3$	37
$3.3 < D \leq 4.3$	19
$4.3 < D \leq 6.0$	12
<ul style="list-style-type: none"> Jedes Bündel hat eine Länge von 2,5 m. Each bundle has a length of 2.5 m. Die zu prüfenden Kabel und Leitungen sind so auszuwählen, dass das Gesamtvolumen an nichtmetallischem Werkstoff (NMW) in den zu prüfenden Bündeln $> 0,4$ l/m und $\leq 0,6$ l/m ist. The cables and wires to be tested shall be selected such that the total volume of non-metallic material (NMW) in the bundles to be tested is $> 0,4$ l/m and $\leq 0,6$ l/m. Mindestens zwei Bündel sind zu prüfen. At least two bundles are to be tested. 	

Messung der Rauchdichte nach EN 61034-2

Measuring smoke density acc to EN 61034-2

Die optische Rauchgasdichte wird in einer würfel-förmigen Prüfkammer mit einer Seitenlänge von 3 m bestimmt (Abb. 4). Ein Ventilator sorgt für eine homogene Verteilung des Rauches. Die Transmission wird in der Mittelachse der Prüfkammer mit einem photometrischen System bestimmt. Ein Windschild soll eine stabile Flamme gewährleisten.

The smoke optical density is determined in a cube-shaped test chamber with sides of 3 m (Figure 4). A fan ensures homogeneous smoke distribution. A photometric system determines the transmission in the middle of the test chamber. A wind shield is intended to stabilize the flame.

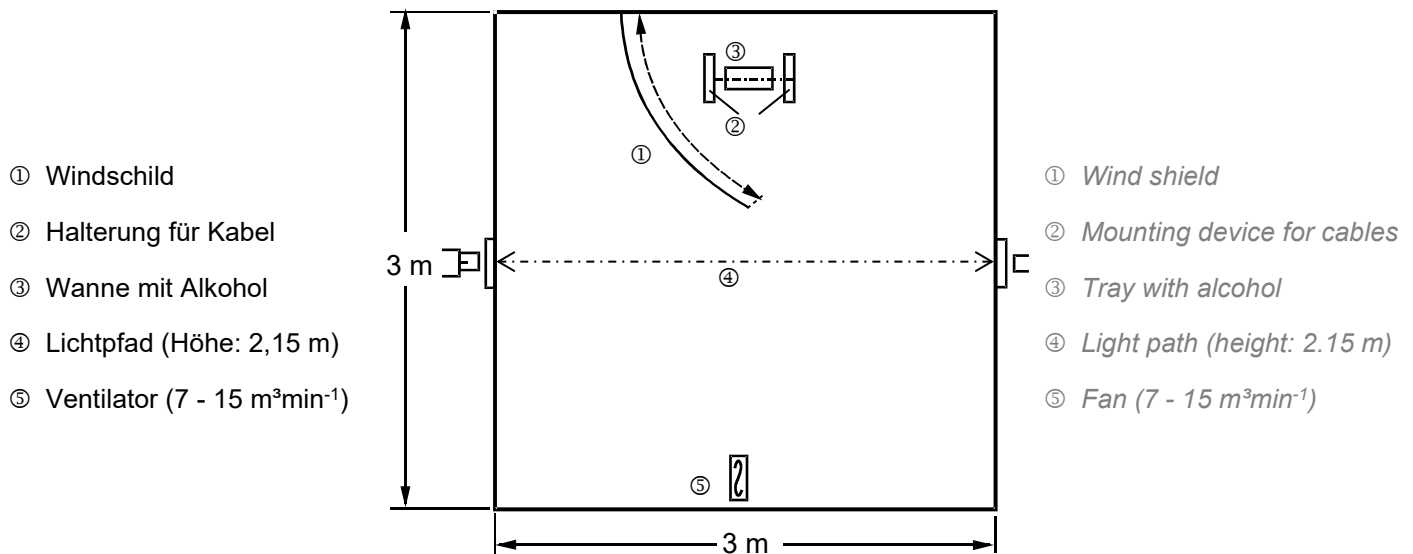


Abbildung 4: Schematische Darstellung der Prüfkammer (Cube)

Figure 4: Diagram of the test chamber (cube)

Als Zündquelle wird ein Brennstoffgemisch aus 90 % Ethanol, 4 % Methanol und 6 % Wasser verwendet, welches sich in einer Blechwanne befindet.

A mixture of 90 % ethanol, 4 % methanol and 6 % water in a metal tray is used as the ignition source.

Die Prüfkörper werden horizontal über der Blechwanne angeordnet. Es wird ein Prüfkörper geprüft. Entspricht das Ergebnis nicht den Anforderungen, sind zwei weitere Prüfungen durchzuführen. Beide Prüfergebnisse müssen die Anforderungen erfüllen. Jede Prüfung dauert 40 Minuten.

The test specimens are positioned horizontally above the tray. One specimen is tested. If the result does not meet the requirements, two further tests are required and the results must meet the requirements in both cases. Each test takes 40 minutes.

Die Länge der Kabel soll 1 m sein. Die Anzahl der Kabel und Leitungen oder Bündel ist Tabelle 3 zu entnehmen:

Cables should be 1 m long. The number of cables and conductions is indicated in Table 3:

Tabelle 4: Anzahl der Prüfkörper
Table 4: Number of test specimens

Außendurchmesser der Kabel und Leitungen (D) <i>Overall diameter of the cable (D)</i> in mm	Anzahl der Prüfkörper <i>Number of test specimens</i>	
	Kabel und Leitungen <i>cables</i>	Bündel ⁴⁾ <i>bundles ⁴⁾</i>
D > 40	1	–
20 < D ≤ 40	2	–
10 < D ≤ 20	3	–
5 < D ≤ 10	N ₁ ^{1) 3)}	–
1 < D ≤ 5	–	N ₂ ^{2) 3)}

1) $N_1 = 45/D$ Kabel
 $N_1 = 45/D$ cables

2) $N_2 = 45/3D$ Kabel
 $N_2 = 45/3D$ cables

3) Die Werte von N_1 und N_2 sind auf die nächste ganze Zahl abzurunden, um die zu prüfende Anzahl der Kabel und Leitungen oder Bündel zu erhalten.
The value N_1 and N_2 shall be rounded downwards to the integer to give the number of cables or bundles.

4) Jedes Bündel muss aus 7 Kabeln und Leitungen bestehen, die mit einer Schlaglänge von $20D$ bis $30D$ miteinander verseilt und mit zwei Windungen eines Drahtes von 0,5 mm Durchmesser in der Mitte und im Abstand von jeweils 100 mm zu beiden Seiten der Probenmitte zusammenzubinden sind (siehe Abb. 6).
Each bundle shall consist of 7 cables twisted together with a lay between $20 D$ and $30 D$ and bound with two turns of approximately 0.5 mm diameter wire in the centre and at every 100 mm each side from the center (see Fig. 5)

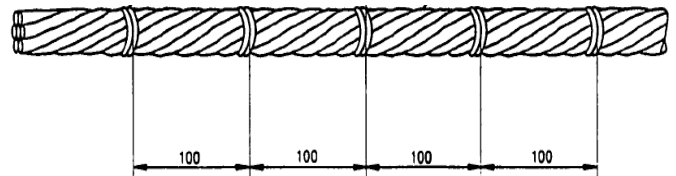


Abbildung 5: Kabelbündel (7 Kabel; verseilt und zusammengebunden)
 Figure 5: Cable bundle (7 cables; twisted together and bound with wire)

Toxizität nach EN 50305 Abs. 9.2

Alle einzelnen Aufbauelemente von Kabeln und Leitungen müssen nach EN 50305 Abs. 9.2 geprüft werden. Voraussetzung ist die Prüfung der Halogenfreiheit nach EN 50306-1 Abs. 3.3 (EN 45545-2:2013 + A1:2015) bzw. EN 50305 Anhang F + G (EN 45545-2:2020 + A1:2023).

Es wird 1 g Probenmaterial in der Prüfapparatur bei einer Lufttemperatur von 800 °C verbrannt. Es wird ein Luftdurchsatz von 120 l/h eingestellt und über die Versuchsdauer von 20 min. konstant gehalten.

- ① Rohrofen
- ② Quarzrohr
- ③ Probenmaterial
- ④ Luft
- ⑤ Waschflaschen

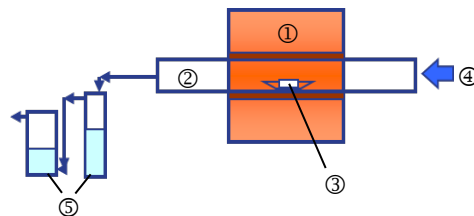


Abbildung 6: Prüfapparatur nach NF X 70-100
Figure 6: Test apparatus according to NF X 70-100

Die entstehenden Gase werden durch Waschflaschen geleitet. Der Inhalt der Waschflaschen wird nach Versuchsende spektroskopisch bzw. nasschemisch auf den Gehalt der Gaskomponenten HCN, NO_x und SO₂ untersucht. Für die Bestimmung der Gaskomponenten CO und CO₂ werden die Gase in einem Probenbeutel gesammelt und anschließend durch einen IR-Analysator ausgewertet.

Toxicity according to EN 50305 Section 9.2

All individual structural elements of cables must be tested according to EN 50305 Section 9.2. As a prerequisite, they must be tested according to EN 50306-1 Section 3.3 (EN 45545-2:2013 + A1:2015) or EN 50305 annex F + G (EN 45545-2:2020 + A1:2023). to ensure they contain no halogen.

A 1 g sample of the material is burned in the test apparatus at an air temperature of 800 °C. The air throughput (ventilation) is set to 120 l/h and kept constant for a test period of 20 mins.

- ① Tube furnace
- ② Quartz tube
- ③ Sample material
- ④ Air
- ⑤ Washing vessels

The gases generated are routed through washing vessels. At the end of the test, the contents of the washing vessels are tested spectroscopically using a wet chemical analysis to ascertain the content of HCN, NO_x and SO₂ gas components. To determine the CO and CO₂ components, the gases are collected in a sample bag and evaluated using an IR analyzer.

Tabelle 5: Zu analysierende Rauchgaskomponenten und Referenzkonzentrationen
Table 5: Gas components to be analyzed and reference concentrations

Rauchgaskomponente Gas component		Referenzkonzentration in mgm ⁻³ Reference concentration in mgm ⁻³
Kohlendioxid Carbon dioxide	CO ₂	90000
Kohlenmonoxid Carbon monoxide	CO	1750
Cyanwasserstoff Hydrogen cyanide	HCN	55
Stickoxide Nitrogen oxides	NO _x	90
Schwefeldioxid Sulfur dioxide	SO ₂	260

Bei Kabeln wird für jede einzelne brennbare Kabelkomponente ein ITC-Wert berechnet.

Berechnung:

$$ITC = \frac{100}{m} \sum \frac{M_z}{CC_z}$$

m = Masse der Probe in g

M_z = Masse der Gaskomponente in mg

CC_z = Kritische Konzentration in mgm^{-3}

In the case of cables, an ITC value is calculated for each individual combustible cable component.

Calculation:

$$ITC = \frac{100}{m} \sum \frac{M_z}{CC_z}$$

m = mass of sample in g

M_z = mass of gas component in mg

CC_z = critical concentration in mgm^{-3}

Die CURRENTA Brandtechnologie ist ein durch die Deutsche Akkreditierungsstelle GmbH (DAkkS) nach DIN EN ISO/IEC 17025 akkreditiertes Prüflaboratorium. Die akkreditierten Prüfverfahren sind in der Anlage der Urkunde aufgeführt und umfassen nationale, europäische und internationale Brandprüfmethoden für den Verkehrssektor (Schiene, Straße, Luft, See) sowie den Bau-, Elektro- und Konsumgüterbereich.

CURRENTA's Fire Technology Department is a testing laboratory accredited to DIN EN ISO/IEC 17025 by the Deutsche Akkreditierungsstelle GmbH (DAkkS). The accredited test procedures are specified in the annex to the certificate and cover national, European and international fire test methods for the transportation sector (rail, road, air, sea) and for the construction, electrical and consumer goods industries.



Für diese Prüfverfahren ist die CURRENTA Brandtechnologie berechtigt, das kombinierte MRA-Zeichen der DAkkS und der International Laboratory Accreditation Cooperation (ILAC) zu nutzen. Das multilaterale Abkommen „ILAC Mutual Recognition Arrangement (MRA)“ regelt die gegenseitige Anerkennung der Prüfleistungen akkreditierter Laboren in den ILAC-Mitgliedsstaaten (u. a. Deutschland, Frankreich, Großbritannien, Italien, Kanada, Schweiz, USA). Damit wird national und international anerkannt, dass die CURRENTA Brandtechnologie die in der Akkreditierungsurkunde aufgeführten Prüfleistungen kompetent durchführen kann.

For these test procedures, CURRENTA's Fire Technology Department is entitled to use the combined MRA mark of the DAkkS and the International Laboratory Accreditation Cooperation (ILAC). The ILAC Mutual Recognition Arrangement (MRA) regulates the mutual recognition of the testing services of accredited laboratories in the ILAC member states (e.g. Canada, France, Germany, Italy, Switzerland, United Kingdom, United States). The competence of CURRENTA's Fire Technology Department to perform the test procedures listed in the accreditation certificate is thus recognized nationally and internationally.

Durch die regelmäßige Teilnahme an Rundversuchen, organisiert z. B. von CERTIFER oder ISO, stellt die CURRENTA Brandtechnologie eine gleichbleibend hohe Qualität der Prüfergebnisse sicher.

CURRENTA's Fire Technology Department regularly participates in round robins, organized by CERTIFER or ISO, to ensure the constant high quality of the test results.

Currenta GmbH & Co. OHG
CUR-SIT-ANT-FMA Brandtechnologie
CHEMPARK, Gebäude B411
D-51368 Leverkusen

Currenta GmbH & Co. OHG
CUR-SIT-ANT-FMA Fire Technology
CHEMPARK, Building B411
D-51368 Leverkusen



Die Inhalte dieses Informationsblattes wurden mit größter Sorgfalt erstellt. Für die Richtigkeit, Vollständigkeit und Aktualität der Inhalte können wir jedoch keine Gewähr übernehmen.

Please note that we have compiled the information provided in this brochure to the best of our knowledge. However, no warranty is given for the completeness or correctness of this information.