

## Materialien von Kabeln und Leitungen unter elektromagnetischer Strahlung

### Strahlungsarten und deren Wirkung

Elektromagnetische Strahlung ist aus unterschiedlichen Bereichen bekannt. Sie kann natürlichen Ursprung haben (z.B. Sonne oder natürliche Radioaktivität), als auch künstlich erzeugt sein (z.B. Röntgengeräte, Leuchten oder Mobilfunk). Sie lässt sich in verschiedene Arten bzw. Komponenten unterscheiden. Kriterium dafür ist die Wellenlänge, bzw. die Frequenz der Strahlung. Nach abnehmender Wellenlänge bzw. ansteigender Frequenz wird das elektromagnetische Spektrum wie folgt untergliedert:

- Wechselströme (z.B. Längstwellensender)
- Radiowellen (z.B. Rundfunk)
- Mikrowellen (z.B. Mikrowellenherd, Mobilfunk, Radar)
- Infrarotstrahlung (Wärmestrahlung, z.B. Thermografie, Fernbedienung)
- Sichtbares Licht (Bestandteil der Strahlung künstlicher Lichtquellen, bzw. der Sonne)
- Ultraviolettstrahlung (UV-Strahlung – Bestandteil des Sonnenlichts, technische Anwendungen)
- Röntgenstrahlung (z.B. bildgebende Verfahren in der Medizintechnik oder Materialprüfung)
- Gammastrahlung (z.B. Kernenergie, technische Anwendungen)

Gamma-, Röntgen- und sehr kurzweilige UV-Strahlung werden aufgrund ihrer Wirkung auch unter dem Begriff „ionisierende Strahlung“ zusammengefasst. Hierunter versteht man Strahlung, die so energiereich ist, dass Elektronen aus einem Atom oder Molekül herausgelöst werden können (Ionisierung).

Bei organischen Verbindungen, wie z.B. Kunststoffen die bei Kabel und Leitungen eingesetzt werden, sind im Wesentlichen die Wirkung von UV-Strahlung und ionisierender Strahlung zu betrachten. Diese haben die höchste Energie und damit den größten Einfluss aller elektromagnetischen Strahlungen auf die Materialien.

Dies nutzt man in der Kunststoffverarbeitung dazu, Materialien bestimmte Eigenschaften zu verleihen. Z.B. härten bestimmte Klebstoffe, Lacke oder Isolations- und Mantelmaterialien von Kabeln und Leitungen unter entsprechender Strahlung aus und erreichen dann erst die gewünschte Festigkeit und Haltbarkeit. Man spricht hier von „Vernetzen“, oder genauer „Elektronenstrahl-Vernetzen“, da es auch andere (z.B. chemische) Vernetzungsprozesse gibt.

Im praktischen Einsatz von Kabeln und Leitungen hat UV- und ionisierende Strahlung aber meist unerwünschte Auswirkungen. Farben können ausbleichen und Kunststoffe trübe oder spröde werden. Letztlich können Versprödung und Rissbildung dazu führen, dass die weitere Gebrauchsfähigkeit nicht mehr gegeben ist.

### Verwendung von Kabeln und Leitungen unter UV-Strahlung

UV-Strahlung ist ein Bestandteil der Sonnenstrahlung und tritt daher vor allem bei ungeschützter Anwendung im Freien auf. Hier wirken die Bestandteile, welche die schützende Ozonschicht nicht abhält: UV-A und Teile der UV-B Strahlung. UV-C wird durch die Ozonschicht absorbiert und dringt daher nicht bis zur Erdoberfläche vor. Auch im Innenbereich tritt UV-Strahlung auf, die Intensität ist jedoch erheblich geringer, da Glasscheiben je nach Ausführung einen erheblichen Teil herausfiltern, es häufig zu Verschattung kommt und künstliche Lichtquellen meist nur geringe UV-Anteile emittieren.

Aufgrund der unterschiedlichsten Verhältnisse am Einsatzort, wie Dauer und Winkel der Einstrahlung, Verschattung und weitere Einflussfaktoren wie Umgebungstemperatur, Feuchtigkeit oder Luftqualität, lassen sich keine allgemeingültigen Aussagen zu Haltbarkeit und Lebensdauer der Produkte treffen (siehe hierzu auch Technischer Anhang T0, 7. Lebensdauer).

Normativ festgelegte Testmethoden zur UV-Beständigkeit (z. B. ISO 4892-2) lassen eine grundsätzliche Bewertung des Produkts für den Einsatz unter UV-Strahlung zu und dienen zum Vergleich von verschiedenen Werkstoffen bzw. Endprodukten.

Die bei Kabel und Leitungen verwendeten Kunststoffe sind unterschiedlich empfindlich gegen die Einwirkung von UV-Strahlen; entsprechende Stabilisatoren, Farbpigmente oder auch Ruß können diese Empfindlichkeit deutlich herabsetzen, in dem sie die UV-Strahlung absorbieren und in weniger kritische Wärmestrahlung umwandeln. Dadurch wird vermieden, dass UV-Strahlen in die Molekülketten des Mantelmaterials eindringen, diese aufspalten und so hochreaktive Radikale entstehen, die ihrerseits die Molekülkettenstruktur des Kunststoffs angreifen und über diesen Prozess eine beschleunigte Alterung verursachen.

Kabel und Leitungen mit schwarzem Mantel sind im Allgemeinen besser geschützt als andersfarbige Typen, denn durch die schwarze Oberfläche wird die UV-Strahlung deutlich besser absorbiert.

Diese Erkenntnis hat sich auch normativ niedergeschlagen, so sind gemäß EN 50525-1 bzw. VDE 0285-525-1 Kabel mit schwarzem Mantel für dauerhaften Einsatz im Freien geeignet.

Es gibt Kunststoffe, die ohne schwarze Einfärbung bereits eine gute Beständigkeit haben, dies sind:

- Vernetztes Polyethylen (XLPE/VPE)
- Elastomere (z. B. CR oder Si)
- Thermoplastische Elastomere (TPE-E, -O, -U, z. B. PUR)
- Fluorpolymere (z. B. PTFE oder FEP)

Aber auch diese Kunststoffe sind, abhängig von der Einfärbung, unterschiedlich beständig, da der vorgenannte Effekt eines schwarzen Mantels immer eine Verbesserung bringt.

Zu beachten ist insbesondere bei nicht schwarzen Polyurethan-Leitungen (z. B. orangefarbene oder gelbe), dass diese mit der Zeit stark ausbleichen können aber trotzdem noch eine gute Flexibilität und Festigkeit aufweisen, da das Grundmaterial der UV-Strahlung widerstanden hat, nicht jedoch die Farbpigmente.

D. h., dass trotz der augenscheinlichen Schädigung durch UV- bzw. Witterungseinflüsse, diese Typen technisch noch einwandfrei sein können.

### Verwendung von Kabel und Leitungen unter ionisierender Strahlung

Ionisierende Strahlung tritt üblicherweise nur in definierten Anwendungen und gezielt auf, sodass der Einsatz von entsprechend resistenten Materialien im Vorfeld auf die herrschenden Bedingungen abgestimmt werden kann.

Deshalb werden meist auch nur solche Kabel und Leitungen auf ihre Strahlenbeständigkeit hin getestet, zu deren bestimmungsgemäßen Verwendung die Exposition ionisierender Strahlung gehört. Für alle anderen Kabel und Leitungen können deshalb nur Angaben zur

## Materialien von Kabeln und Leitungen unter elektromagnetischer Strahlung

Strahlenbeständigkeit der typischerweise verwendeten Werkstoffe gemacht werden. Diese sind zwar nicht repräsentativ für die Beständigkeit eines kompletten Kabels oder einer kompletten Leitung, die Werte können jedoch als grobe Orientierung und zum relativen Vergleich untereinander dienen.

Die Strahlenbeständigkeit von Materialien ist über den Radiation Index (RI) in IEC 60544-4 definiert, bei der die Reißdehnung auf  $\geq 50\%$  des Ausgangswertes reduziert wurde.

Die untenstehende Tabelle enthält die typische maximale Dosis der jeweiligen Materialien in Gray (bzw. rad) einer Gammastrahlenquelle, bei der der Reißdehnungswert des Prüflings 50% seines ungealterten Wertes (noch) nicht unterschreitet.

Umrechnungsgrößen:

1 Gy = 100 rad; 1Gy = 1J/kg

Die Beständigkeit von Kabeln, Leitungen und anderen Produkten der Verbindungstechnik gegen ionisierende Strahlung spielt insbesondere bei kerntechnischen Anlagen eine entscheidende Rolle. Aber neben der Eignung der Produkte selbst, müssen auch alle Prozesse den besonderen Anforderungen solcher Einsatzbereiche gerecht werden.

Deshalb hat die U.I. Lapp GmbH die Qualifikation zur Lieferung von Kabeln, Leitungen, Verschraubungen und kabeltechnischem Zubehör für kerntechnische Anlagen über den Nachweis zur system- und produktbezogenen Qualitätssicherung erbracht, siehe „Eignungsbestätigung zur Qualitätssicherung gemäß Regel KTA 1401“. Das Zertifikat finden Sie in deutscher Sprache unter: <https://www.lappkabel.com/certificates>

### Beständigkeit von Kunststoffen gegenüber ionisierender Strahlung

Material-Typ	Strahlendosis in Gy ca.	Strahlendosis in rad ca.
PVC	$8 \times 10^5$	$8 \times 10^7$
PE LD	$1 \times 10^5$	$1 \times 10^7$
PE HD	$7 \times 10^4$	$7 \times 10^6$
VPE (XLPE)	$1 \times 10^5$	$1 \times 10^7$
PA	$1 \times 10^5$	$1 \times 10^7$
PP	$1 \times 10^3$	$1 \times 10^5$
PETP	$1 \times 10^5$	$1 \times 10^7$
PUR	$5 \times 10^5$	$5 \times 10^7$
TPE-E	$1 \times 10^5$	$1 \times 10^7$
TPE-O	$1 \times 10^5$	$1 \times 10^7$
NR	$8 \times 10^5$	$8 \times 10^7$
SIR	$2 \times 10^5$	$2 \times 10^7$
EPR	$1 \times 10^6$	$1 \times 10^8$
EVA	$1 \times 10^5$	$1 \times 10^7$
CR	$2 \times 10^5$	$2 \times 10^7$
ETFE	$1 \times 10^5$	$1 \times 10^7$
FEP	$3 \times 10^3$	$3 \times 10^5$
PFA	$1 \times 10^3$	$1 \times 10^5$
PTFE	$1 \times 10^3$	$1 \times 10^5$