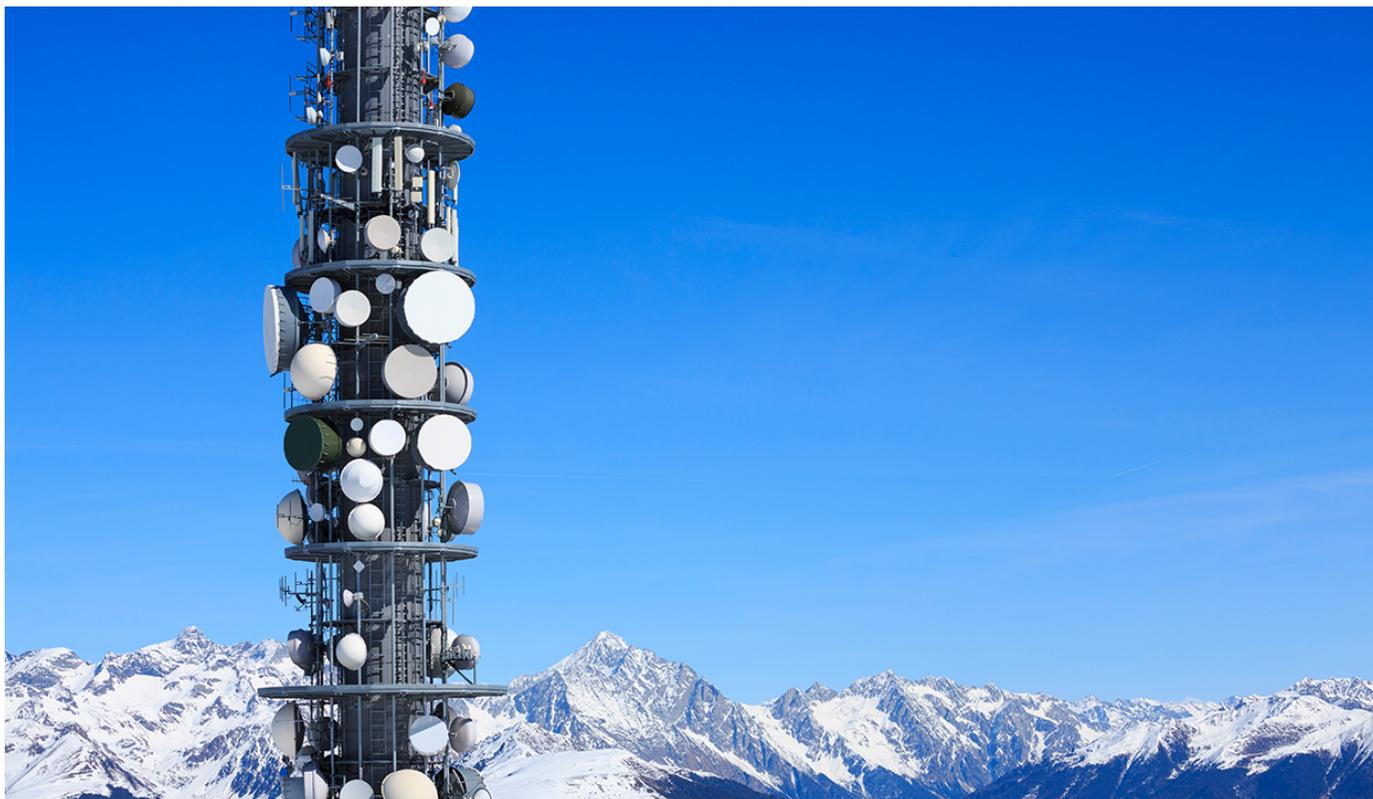


# Dünne Luft

**2000 Meter. Diese Höhe über Meer stellt die Obergrenze für Anwendungen vieler nach IEC zertifizierter passiver Bauteile dar. Weshalb diese Grenze? Ein kleiner Exkurs in die Physik, genauer gesagt zum Paschen-Effekt.**



2000 m.ü.M. sind schnell erreicht. In Lateinamerika und Asien liegen viele Gross- und sogar Hauptstädte noch deutlich höher.

Normen werden immer unter klar definierten Umgebungsbedingungen festgelegt. Dazu gehören etwa Temperatur und Druck. Die IEC Normen für Gerätestecker (IEC 60320) oder Filterelemente (IEC 60939) machen hier keine Ausnahme. Auch für sie gelten klar definierte Regeln. Eine solche lautet, dass das zu prüfende Bauteil von Meereshöhe bis hinauf zu 2000 m den Vorgaben zu entsprechen hat, damit es das notwendige Gütesiegel tragen darf. Das bedeutet dann im Gegenzug aber auch, dass die Geräte, in welchen diese Bauteile verbaut sind, nur bis zu diesen 2000 m.ü.M. Anwendung finden dürfen. Bei Anwendungen in grösseren Höhen (>2000 m.ü.M.) braucht man einen zusätzlichen Eignungsnachweis für alle verwendeten Komponenten.

## Physik

Wir kennen das. Mit zunehmender Höhe über Meer nimmt der Luftdruck

ab. Weniger Sauerstoff, das Atmen fällt uns zunehmend schwerer. Doch diese dünnere Luft hat auch einen Einfluss auf die Durchschlagsfestigkeit in der Elektrotechnik.

## Paschens Ergebnisse

Ende des 19. Jahrhunderts führte Friedrich Paschen, ein deutscher Physiker, Experimente durch, um die Eigenschaften des Lichtbogens bei verändertem Umgebungsdruck zu bestimmen. Er brachte zwei kugelförmige Elektroden in einem konstanten Abstand von 1 cm an. Dann reduzierte er den Umgebungsdruck in Schritten von Meereshöhe (760 mm Hg = 1013 hPa) auf knapp 80'000 m (0,01 mm Hg). Bei jeder gewählten Druckstufe erhöhte er die Spannung über den Elektroden, bis ein Lichtbogen mit niedriger Energie auftrat.

Die Kurve im nachfolgenden Diagramm zeigt dabei seine Ergebnisse auf. Auf

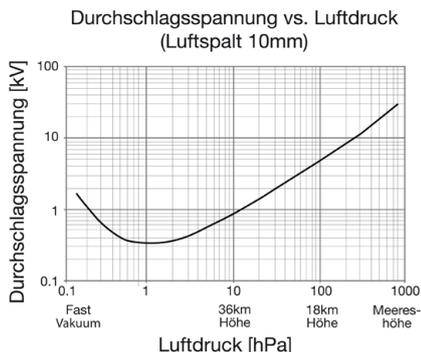
Meereshöhe sind etwa 30'000 VDC erforderlich, um einen Lichtbogen über dem Elektrodenspalt zu zünden. Bei 15'000 m sinkt der Lichtbogenpegel auf etwa 5000 VDC. Dementsprechend liegt die ungünstigste Höhe bei 45'000 m, wo nur etwa 300 VDC einen Lichtbogen über die Elektroden erzeugen.

Dieser als «Paschen-Gesetz» bekannte Effekt beschreibt die Durchschlagsspannung als Funktion des Produktes aus Gasdruck und Elektrodenabstand. In der Paschen-Kurve ist dieser abgebildet.

Beispiel:

Die Kurzschlussspannung zwischen zwei Elektroden in 1 cm Abstand beträgt:

- Meereshöhe = 30 kVDC
- 15'000 m.ü.M. = 5.0 kVDC
- 45'000 m.ü.M. = 0.3 kVDC



Paschen-Kurve für Elektrodenabstand von 10 mm

## Korrekturfaktoren

Um dennoch normgerechte Anwendungen zu erhalten, lassen sich obiger Tabelle höhenabhängige Korrekturfaktoren für eine minimale Kriechstrecke entnehmen. Wenn die aus der Tabelle abgelesene Mindest-Kriechstrecke kleiner ist als der anwendbare Mindest-Luftspalt, dann ist dieser Wert des Mindest-Luftspalts als minimale Kriechstrecke anzuwenden.

## Marktanforderungen

Wenn Menschen in Lateinamerika und Asien riesengrosse Städte bauen, die deutlich über den vorgegebenen 2000 m.ü.M. stehen, liegt es nahe, dass dort auch modernste elektrische und elektronische Geräte zum Einsatz kommen sollen. Das tun auch wir schon hier in Europa. Wir platzieren etwa Telecom-Basisstationen möglichst hoch, um eine maximale Reichweite und Abdeckung zu erzielen. China geht hier einen Schritt

weiter. Seine Norm GB 4943.1-2011 verlangt etwa für Medizintechnik-Geräte eine Eignung für Anwendungen bis 5000 m.ü.M.

## Probe aufs Exempel

SCHURTER machte die Probe aufs Exempel und hat einige Kombielemente (Power Entry Module) mit Filter durch den VDE für Anwendungen bis 5000 m.ü.M. prüfen lassen.

Die Prüfberichte für einige ausgewählte Produkte (DC12, DD12, KFA) sind in der SCHURTER Approval-Datenbank abgelegt. Gestützt auf die VDE-Prüfberichte, kann SCHURTER eigene Prüfberichte für die meisten Kombielemente mit und ohne Filter ausstellen. Diese stellen wir auf Anfrage den Kunden gerne zur Verfügung.

## Korrekturfaktoren für die Höhenlage

Höhen über Meer	Luftdruck [hPa]	Multiplikationsfaktor
2000	800	1.00
3000	700	1.14
4000	620	1.29
5000	540	1.48
10000	265	3.02
20000	55	14.50

Für Anwendungen oberhalb 2000 m.ü.M. kommen gemäss IEC 60664-1 Korrekturfaktoren für Luft- und Kriechstrecken zur Anwendung. Je nach Anwendungsnorm können diese Werte etwas abweichen.

## Fazit

Obwohl gemäss IEC-Normen bei Gerätesteckern, Filterelementen und vielen anderen passiven Bauteilen "nur" Anwendungen bis 2000 m.ü.M. bestanden werden müssen, so lassen sich dennoch auch höhere Hürden meistern. Zum einen kommen da die Korrekturmassnahmen nach IEC 60664-1 zur Anwendung, zum anderen aber sind besonders hochwertige Produkte oftmals auch bereits mit den nötigen Sicherheitsreserven konstruiert worden.

## Unternehmen

Die SCHURTER Gruppe ist als Schweizer Familienunternehmen weltweit erfolgreich tätig. Mit unseren Komponenten für sichere Stromzuführung, Eingabesystemen für einfache Bedienung und anspruchsvollen Gesamtlösungen überzeugen wir unsere Kunden durch Agilität und exzellente Produkt- und Servicequalität.

SCHURTER AG  
 Werkhofstrasse 8-12  
 CH-6002 Luzern  
 +41 41 369 31 11  
 contact.ch@schurter.com  
 schurter.com

## Dokument Downloads

- [Datenblatt DC12](#)
- [Datenblatt DD12](#)
- [Datenblatt KFA](#)



Entwickelt gemäss IEC für 2000 m.ü.M. halten beispielsweise die SCHURTER Kombielemente DC12, DD12 und KFA auch Höhen von 5000 m.ü.M. gemäss VDE stand.