

Berechnungswerkzeuge

Table of Contents

Einführung	2
Werkzeuge	2
Spannungsregler	2
RF-Dämpfungsglieder	3
E-Serie	4
Farbcode	5
Übertragungsleitungen	6
Via-Größe	7
Leiterbahnbreite	8
Elektrische Abstände	9
Platinenklassen	10

KiCad 10.0 Referenzhandbuch

Copyright

This document is Copyright The KiCad Documentation Contributors. You may distribute it and/or modify it under the terms of either the GNU General Public License (<http://www.gnu.org/licenses/gpl.html>), version 3 or later, or the Creative Commons Attribution License (<http://creativecommons.org/licenses/by/3.0/>), version 3.0 or later.

All trademarks within this guide belong to their legitimate owners.

Mitwirkende

Heitor de Bittencourt, Mathias Neumann

Übersetzung

Lorenz Bewig <robotaxi@arcor.de>, 2025

Feedback

Das KiCad-Projekt freut sich über Rückmeldungen, Fehlerberichte und Vorschläge in Bezug auf die Software oder ihre Dokumentation. Weitere Informationen zum Einreichen von Feedback oder zum Melden eines Problems finden Sie in den Anweisungen unter <https://www.kicad.org/help/report-an-issue/>

Version der Software und Dokumentation

Dieses Benutzerhandbuch basiert auf KiCad 10.0.3. Funktionalität und Aussehen können sich in anderen Versionen von KiCad unterscheiden.

Revision der Dokumentation: ff59d8ec.

Einführung

Die KiCad Berechnungswerkzeuge sind eine Reihe von Dienstprogrammen, mit denen Sie die Werte von Bauteilen oder andere Parameter eines Layouts ermitteln können. Die Berechnung umfasst die folgenden Tools:

- Spannungsregler
- Leiterbahnbreite
- Elektrische Abstände
- Übertragungsleitungen
- RF-Dämpfungsglieder
- Farbcode
- Platinenklassen

Werkzeuge

Spannungsregler

Dieser Rechner hilft bei der Ermittlung der Werte der Widerstände, die für lineare Spannungsregler und für solche mit geringem Spannungsabfall benötigt werden.

The screenshot shows the 'Berechnungswerkzeuge' (Calculation Tools) window in KiCad. The 'Spannungsregler' (Voltage Regulator) tool is active. The interface includes a sidebar with navigation options, a main panel with a circuit diagram and formula, and a right-hand panel with input fields for R1, R2, Vout, Vref, and tolerance, along with buttons for 'Berechnen' (Calculate) and 'Rücksetzen auf Standardeinstellungen' (Reset to default settings).

The circuit diagram shows a voltage regulator with input V_{in} , output V_{out} , and reference voltage V_{ref} . Two resistors, $R1$ and $R2$, are connected in a voltage divider configuration between V_{out} and V_{ref} .

The formula for the output voltage is given as:

$$V_{out} = V_{ref} * (R1 + R2) / R2$$

The right-hand panel shows the following input fields and values:

	min	typ	max
R1:		0.240	
R2:		0.720	
Vout:		5	
Vref:	1.20	1.25	1.30
Gesamttoleranz:			
Widerstandstoleranz:			1 %
Versorgungskommentar:	5,04V [4,76V ... 5,35V]		In Zwischenablage kopieren

The 'Berechnen' (Calculate) button is highlighted.

Für den *Standardtyp* ergibt sich die Ausgangsspannung V_{out} als Funktion der Referenzspannung V_{ref} und der Widerstände R_1 und R_2 wie folgt:

$$V_{out} = V_{ref} \cdot \left(\frac{R_1 + R_2}{R_2} \right)$$

Für den *Typ mit 3 Anschlüssen* gibt es einen Korrekturfaktor aufgrund des Ruhestroms I_{adj} , der vom ADJ-Pin fließt:

$$V_{out} = V_{ref} \cdot \left(\frac{R_1 + R_2}{R_1} \right) + I_{adj} \cdot R_2$$

Dieser Strom liegt in der Regel unter 100 μA und kann mit Vorsicht vernachlässigt werden.

Um diesen Rechner zu verwenden, geben Sie die Parameter des Reglers *Typ*, *Vref* und, falls erforderlich, *Iadj* ein, wählen Sie das Feld aus, das Sie berechnen möchten, entweder einen der Widerstände oder die Ausgangsspannung, und geben Sie hierfür die beiden anderen Werte ein.

RF-Dämpfungsglieder

Mit dem Rechner für RF-Dämpfungsglieder können Sie die Werte der Widerstände berechnen, die für verschiedene Arten von Dämpfungsgliedern benötigt werden:

- PI-Glied
- T-Glied
- Brücken-T-Glied
- Resistiver Splitter

Um dieses Tool zu verwenden, wählen Sie zunächst den gewünschten Dämpfungsgliedtyp aus und geben Sie dann die gewünschte Dämpfung (in dB) und die Eingangs-/Ausgangsimpedanzen (in Ohm) ein.

Berechnungswerkzeuge

Datei Einstellungen Hilfe

- ▼ Allgemeines Systemdesign
 - Regler
 - Widerstandsrechner
- ▼ Leistung, Strom und Isolation
 - Elektrische Abstände
 - Via-Größe
 - Leiterbahnbreite
 - Schmelzstrom
 - Kabelgröße
- ▼ Hochgeschwindigkeit
 - Wellenlänge
 - RF-Dämpfungsglieder**
 - Übertragungsleitungen
- ▼ Merkblatt
 - E-Serie
 - Farbcode
 - Platinenklassen
 - Galvanische Korrosion

Dämpfungsglieder

Pi-Glied
 T-Glied
 Brücken-T-Glied
 Resistiver Splitter

Parameter

Dämpfung (a): 6 dB
 Z_{in}: 50 Ω
 Z_{out}: 50 Ω

Berechnen ↓

Werte

R1: _____ Ω
 R2: _____ Ω
 R3: _____ Ω

Meldungen

Formel

Pi-Dämpfungsglied

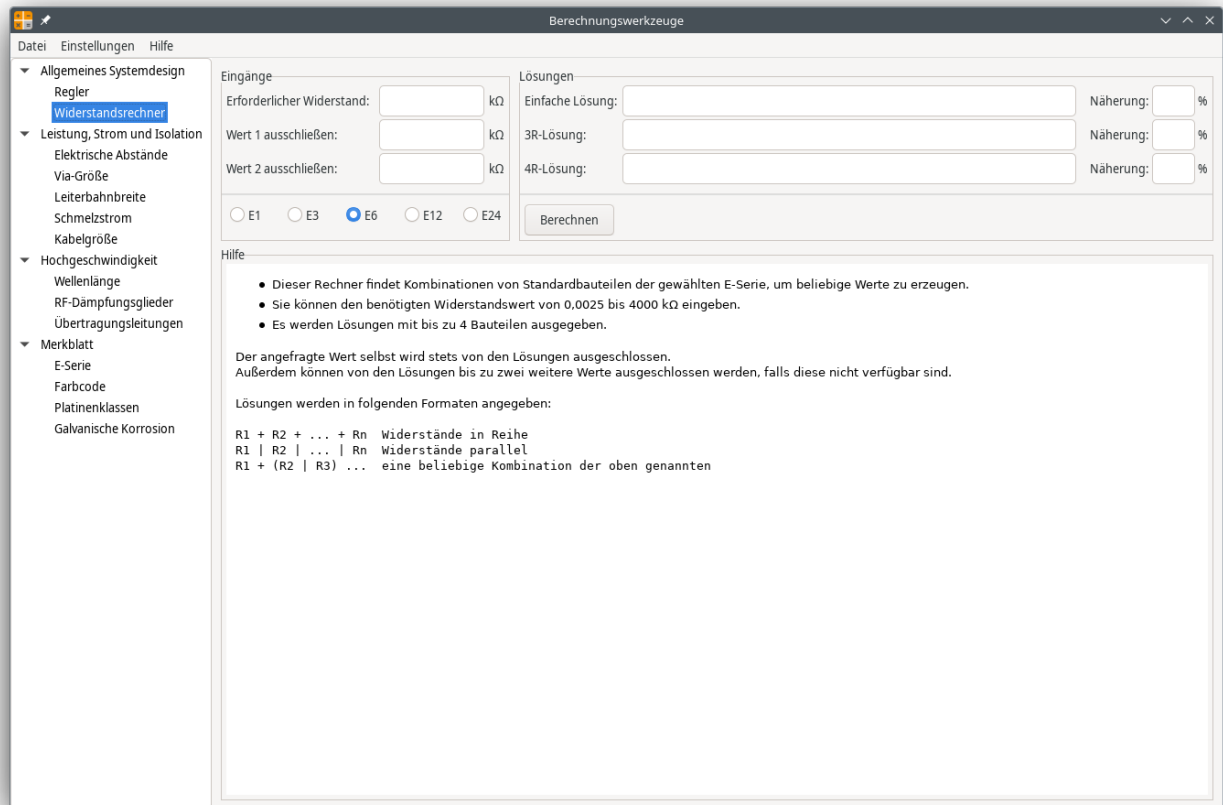
a Dämpfung in dB
 Z_{in} gewünschte Eingangsimpedanz in Ω
 Z_{out} gewünschte Ausgangsimpedanz in Ω

$K = V_i/V_o = 10^{a/20}$
 $L = K^2 = 10^{a/10}$
 $A = (L+1) / (L-1)$

$R2 = (L-1) / 2 \cdot \sqrt{(Z_{in} \cdot Z_{out} / L)}$
 $R1 = 1 / (A/Z_{in} - 1/R2)$
 $R3 = 1 / (A/Z_{out} - 1/R2)$

E-Serie

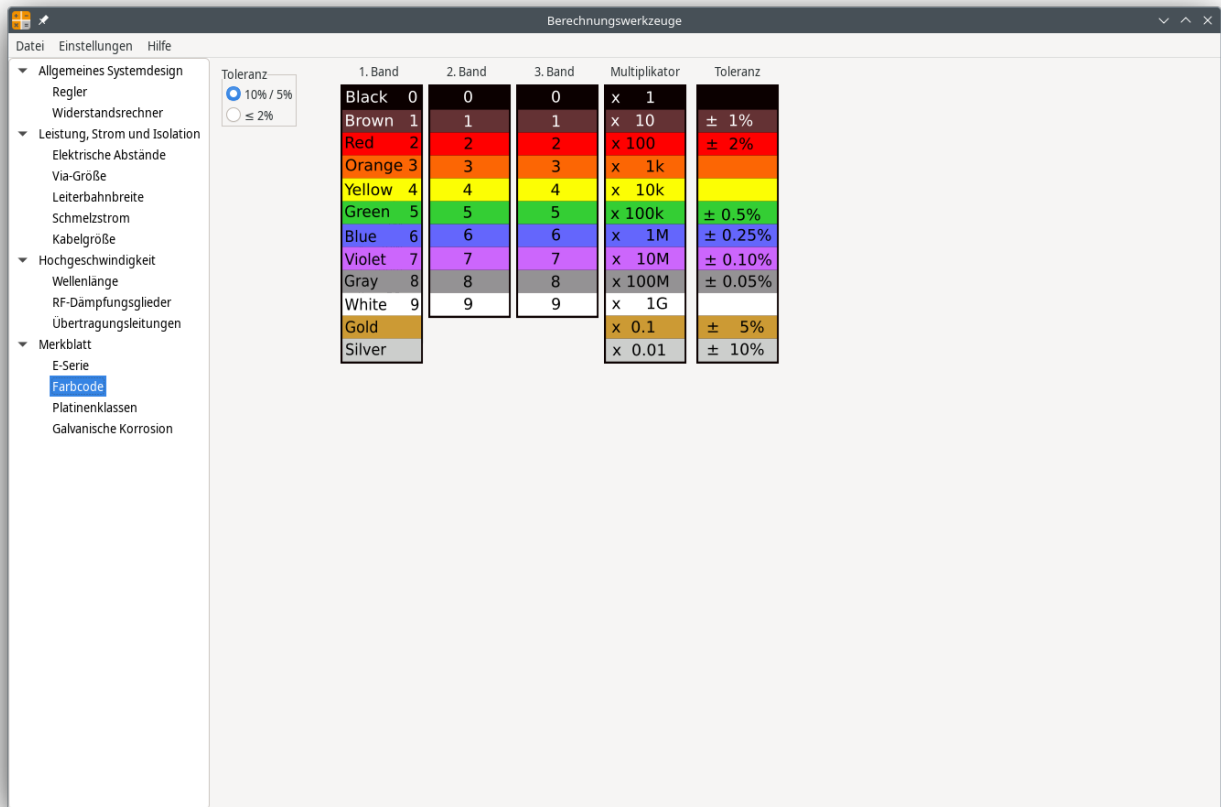
Dieser Rechner hilft dabei, Kombinationen von Standardwiderständen der E-Serie zu ermitteln, die einen erforderlichen Widerstand erfüllen, wobei optional mehrere nicht verfügbare Widerstandswerte ausgeschlossen werden können.



Farbcode

Dieser Rechner hilft Ihnen dabei, die Farbringe auf dem Widerstand in dessen Wert umzurechnen. Wählen Sie dazu zunächst die *Toleranz* des Widerstands aus: 10 %, 5 % oder gleich oder kleiner als 2 %. Beispiel:

- Yellow Violet Red Gold: $47 \times 100 \pm 5\% = 4700 \text{ Ohm}$, 5% tolerance
- 1 kOhm, 1 % Toleranz: Braun Schwarz Schwarz Braun Braun



Übertragungsleitungen

Die Theorie der Übertragungsleitungen ist ein wesentlicher Bestandteil der Lehre im Bereich der Hochfrequenz- und Mikrowellentechnik.

Im Rechner können Sie verschiedene Arten von Linientypen und deren spezielle Parameter auswählen. Die implementierten Modelle sind frequenzabhängig, sodass sie bei *ausreichend* hohen Frequenzen von einfacheren Modellen abweichen.

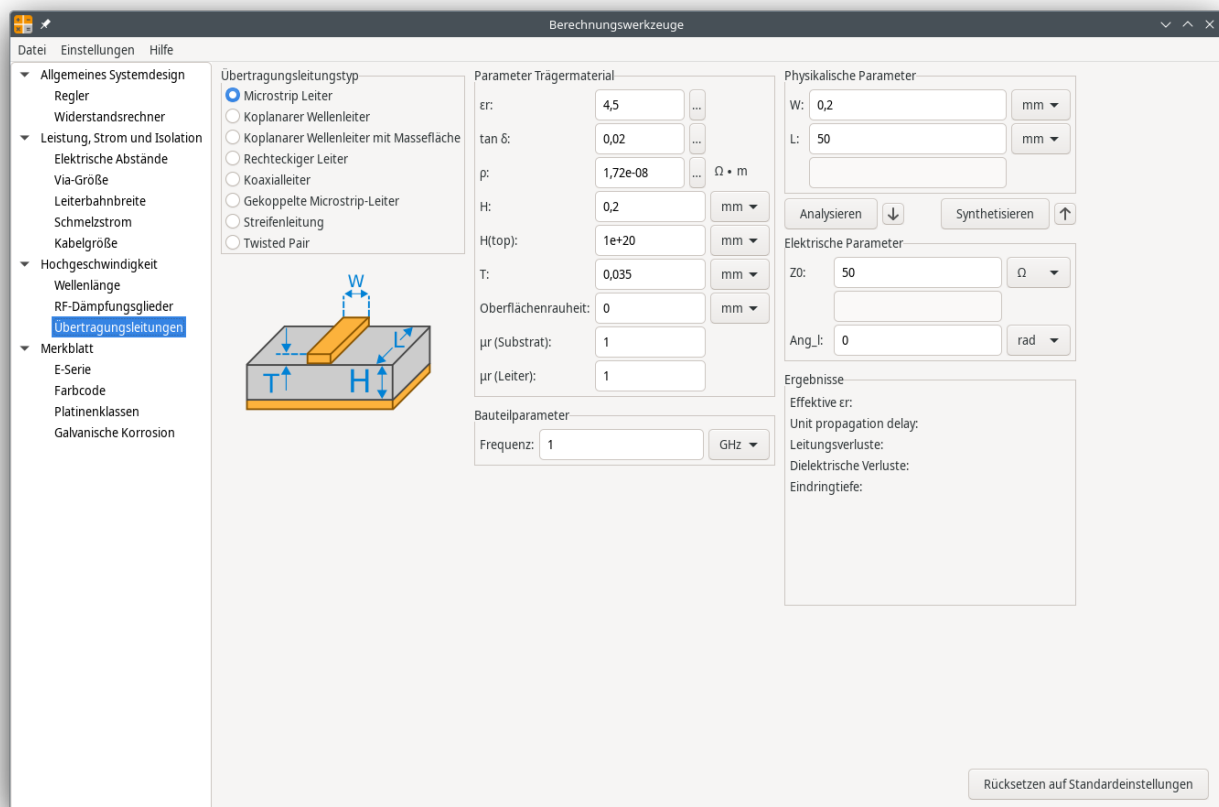
Dieser Rechner basiert weitgehend auf [Transcalc](#).

Die Arten von Übertragungsleitungen und die Referenz ihrer mathematischen Modelle sind nachfolgend aufgeführt:

- Mikrostreifenleitung:
 - H. A. Atwater, "Simplified Design Equations for Microstrip Line Parameters", Microwave Journal, pp. 109-115, November 1989.
- Koplanarer Wellenleiter.
- Koplanarer Wellenleiter mit Massefläche.
- Rechteckiger Wellenleiter:
 - S. Ramo, J. R. Whinnery and T. van Duzer, "Fields and Waves in Communication Electronics", Wiley-India, 2008, ISBN: 9788126515257.
- Koaxialleiter.

Gekoppelte Mikrostreifenleiter:

- H. A. Atwater, "Simplified Design Equations for Microstrip Line Parameters", Microwave Journal, pp. 109-115, November 1989.
- M. Kirschning and R. H. Jansen, "Accurate Wide-Range Design Equations for the Frequency-Dependent Characteristic of Parallel Coupled Microstrip Lines," in IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques, vol. 32, no. 1, pp. 83-90, Jan. 1984. doi: 10.1109/TMTT.1984.1132616.
- Rolf Jansen, "High-Speed Computation of Single and Coupled Microstrip Parameters Including Dispersion, High-Order Modes, Loss and Finite Strip Thickness", IEEE Trans. MTT, vol. 26, no. 2, pp. 75-82, Feb. 1978.
- S. March, "Microstrip Packaging: Watch the Last Step", Microwaves, vol. 20, no. 13, pp. 83-94, Dec. 1981.
- Streifenleitung.
- Twisted pair.



Via-Größe

Das Tool für Via-Größen berechnet die elektrischen und thermischen Eigenschaften eines bestimmten beschichteten Durchkontaktierungspads oder eines Vias.

Berechnungswerkzeuge

Datei Einstellungen Hilfe

- ▼ Allgemeines Systemdesign
 - Regler
 - Widerstandsrechner
- ▼ Leistung, Strom und Isolation
 - Elektrische Abstände
 - Via-Größe
 - Leiterbahnbreite
 - Schmelzstrom
 - Kabelgröße
- ▼ Hochgeschwindigkeit
 - Wellenlänge
 - RF-Dämpfungsglieder
 - Übertragungsleitungen
- ▼ Merkblatt
 - E-Serie
 - Farbcode
 - Platinenklassen
 - Galvanische Korrosion

Parameter

Fertiger Lochdurchmesser (D):	0.4	mm
Beschichtungsstärke (T):	0.035	mm
Via-Länge:	1.6	mm
Via-Pad Durchmesser:	0.6	mm
Antipad-Durchmesser:	1.0	mm
Z0:	50	Ω
Angewandte Stromstärke:	1	A
Beschichtungswiderstand:	1.72e-8	Ω·m
Relative Permittivität des Substrats:	4.5	
Temperaturanstieg:	10	°C
Pulsanstiegszeit:	1	ns

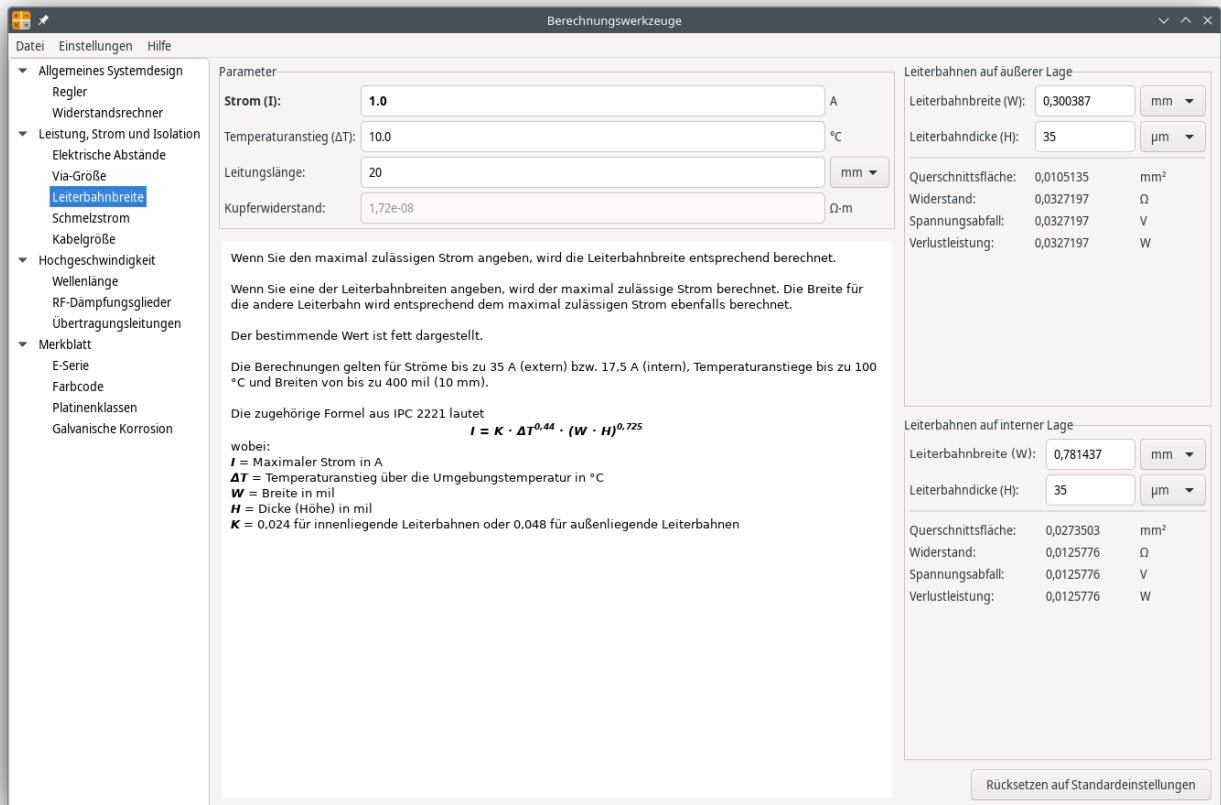
Ergebnisse

Widerstand:	0,000575362 Ω
Spannungsabfall:	0,000575362 V
Verlustleistung:	0,000575362 W
Wärmewiderstand:	83,2937 °C/W
Geschätzte Stromstärke:	2,9993 A
Kapazität:	0,599508 pF
Vergrößerung Anstiegszeit:	32,9729 ps
Induktivität:	1,20723 nH
Blindwiderstand:	3,79262 Ω

Rücksetzen auf Standardeinstellungen

Leiterbahnbreite

Das Werkzeug „Leiterbahnbreite“ berechnet die Breite für Leiterbahnen auf Leiterplatten für einen bestimmten Strom und Temperaturanstieg. Es verwendet Formeln aus IPC-2221 (ehemals IPC-D-275).



Elektrische Abstände

Diese Tabelle dient zur Ermittlung des Mindestabstands zwischen Leitern.

Jede Zeile der Tabelle enthält den empfohlenen Mindestabstand zwischen den Leitern für einen bestimmten Spannungsbereich (Gleichstrom- oder Wechselstromspitzen). Wenn Sie Werte für Spannungen über 500 V benötigen, geben Sie den Wert in das Feld in der linken Ecke ein und klicken Sie auf *Werte aktualisieren*.

IPC 2221 IEC 60664

Einheit: mm

Spannung > 500V: 500

Werte aktualisieren

Hinweis: Werte sind Mindestwerte (aus IPC 2221)

	B1	B2	B3	B4	A5	A6	A7
0 ... 15V	0,05	0,1	0,1	0,05	0,13	0,13	0,13
16 ... 30V	0,05	0,1	0,1	0,05	0,13	0,25	0,13
31 ... 50V	0,1	0,6	0,6	0,13	0,13	0,4	0,13
51 ... 100V	0,1	0,6	1,5	0,13	0,13	0,5	0,13
101 ... 150V	0,2	0,6	3,2	0,4	0,4	0,8	0,4
151 ... 170V	0,2	1,25	3,2	0,4	0,4	0,8	0,4
171 ... 250V	0,2	1,25	6,4	0,4	0,4	0,8	0,4
251 ... 300V	0,2	1,25	12,5	0,4	0,4	0,8	0,8
301 ... 500V	0,25	2,5	12,5	0,8	0,8	1,5	0,8
> 500V	0,25	2,5	12,5	0,8	0,8	1,5	0,8

* B1 - Innenleiter
 * B2 - Außenleiter, unisoliert, bis 3050 m über Meereshöhe
 * B3 - Außenleiter, unisoliert, über 3050 m
 * B4 - Außenleiter, mit Schutzschicht (jede Höhe)
 * A5 - Außenleiter, mit Schutzlack über Montage (jede Höhe)
 * A6 - externe Komponente Leitungsanschluss, unisoliert
 * A7 - externe Komponente Leitungsanschluss, mit Schutzlack (jede Höhe)

Platinenklassen

Leistungsklassen

In IPC-6011 wurden drei Leistungsklassen festgelegt

- **Klasse 1 – Allgemeine Elektronikprodukte:** Umfasst Konsumartikel, bestimmte Computer und Computerperipheriegeräte, die für Anwendungen geeignet sind, bei denen kosmetische Mängel keine Rolle spielen und die Funktion der fertigen Leiterplatte im Vordergrund steht.
- **Klasse 2 – Elektronische Produkte für spezielle Anwendungen:** Umfasst Kommunikationsgeräte, hochentwickelte Business-Maschinen, Instrumente, bei denen hohe Leistung und lange Lebensdauer erforderlich sind und für die ein unterbrechungsfreier Betrieb wünschenswert, aber nicht kritisch ist. Bestimmte kosmetische Mängel sind zulässig.
- **Klasse 3 – Elektronische Produkte mit hoher Zuverlässigkeit:** Umfasst Geräte und Produkte, bei denen eine kontinuierliche Leistung oder Leistung im Bedarfsfall von entscheidender Bedeutung ist. Ausfallzeiten der Geräte sind nicht tolerierbar, und sie müssen bei Bedarf funktionieren, z. B. bei lebenserhaltenden Geräten oder Flugsteuerungssystemen. Leiterplatten dieser Klasse eignen sich für Anwendungen, bei denen ein hohes Maß an Sicherheit erforderlich ist und der Betrieb unerlässlich ist.

Leiterplattentypen

In IPC-6012B sind außerdem 6 Arten von Leiterplatten definiert:

- Leiterplatten ohne durchkontaktierte Löcher (1)
 - 1 Einseitige Leiterplatte

Leiterplatten mit durchkontaktierten Löchern (2-6)

- 2 Zweiseitige Leiterplatte
- 3 Mehrlagige Leiterplatte ohne Blind- oder Buried Vias
- 4 Mehrlagige Leiterplatte mit Blind- und/oder Buried Vias
- 5 Mehrlagige Metallkernplatine ohne Blind- oder Buried Vias
- 6 Mehrlagige Metallkernplatine mit Blind- und/oder Buried Vias

mm

Hinweis: Werte sind Mindestwerte

	Klasse 1	Klasse 2	Klasse 3	Klasse 4	Klasse 5	Klasse 6
Linienbreite	0,8	0,5	0,31	0,21	0,15	0,12
Mindestfreiraum	0,68	0,5	0,31	0,21	0,15	0,12
Via: (Durchmesser - Bohrung)	--	--	0,45	0,34	0,24	0,2
Metallisiertes Pad: (Durchmesser - Bohrung)	1,19	0,78	0,6	0,49	0,39	0,35
Nicht-metallisiertes Pad: (Durchmesser - Bohrung)	1,57	1,13	0,9	--	--	--