

Isolierfolien der Elektrotechnik

Prüfverfahren

DIN
40634
Blatt 1

Electrical insulating films; test methods

Mit DIN 40 634 Blatt 2 Ersatz für DIN 40 634

Diese Norm ist eine Gemeinschaftsarbeit des Verbandes Deutscher Elektrotechniker (VDE) und des Deutschen Normenausschusses (DNA) im Rahmen des gemeinsamen VDE- und DNA-Ausschusses „Elektroisolerfolien“ und stimmt inhaltlich mit VDE 0345/8. 69 überein.

Maße in mm

Inhalt

	Seite		Seite
1. Geltungsbereich	1	2.8.7. Elektrische Fehlstellen (z. B. Poren und leitende Einschlüsse) an Folien bis 0,025 mm Dicke	5
2. Prüfung	1	2.8.7.1. Verfahren A: Prüfung von schmalen Folien-Streifen in großen Längen	5
2.1. Anwendung und Auswertung	1	2.8.7.2. Verfahren B: Prüfung von breiten Folien-Streifen und -Bahnen	6
2.2. Proben und Probenahme	1	2.9. Thermische Eigenschaften	7
2.3. Vorbehandlung der Proben	2	2.9.1. Formbeständigkeit unter Zug bei kurzzeitiger thermischer Beanspruchung	7
2.3.1. Dauer der Vorbehandlung	2	2.9.2. Formbeständigkeit unter Druck bei thermischer Beanspruchung	7
2.3.2. Vorbehandlungen zum Erzielen eines definierten Ausgangszustandes	2	2.9.3. Schrumpfung	7
2.3.3. Vorbehandlungen zur Bestimmung des Einflusses besonderer Beanspruchungen	2	2.9.4. Gewichtsverlust bei erhöhter Temperatur	8
2.3.4. Erzeugen der relativen Luftfeuchte	2	2.9.5. Verhalten bei Langzeit-Beanspruchungen	8
2.4. Prüfklima	2	2.9.5.1. Beanspruchung in warmer Luft	8
2.5. Dicke	2	2.9.5.2. Beanspruchung in warmen Tränkmitteln	8
2.6. Dichte	3	2.9.6. Flüchtige aggressive Bestandteile und Zersetzungsprodukte in der Wärme	9
2.7. Mechanische Eigenschaften	3	2.9.7. Wärmeleitfähigkeit	9
2.7.1. Zugfestigkeit und Reißdehnung (Zugversuch)	3	2.9.8. Sprödigkeit in der Kälte	9
2.7.2. Kanteneinreißkraft	3	2.9.9. Entflammbarkeit	9
2.7.3. Weiterreißwiderstand	3	2.10. Chemische Eigenschaften	10
2.7.4. Hin- und Herbiegezahl	3	2.10.1. Leitfähigkeit des wäßrigen Auszuges	10
2.8. Elektrische Eigenschaften	3	2.10.2. Verhalten gegen aggressive Dämpfe	10
2.8.1. Durchschlagfestigkeit	3	2.10.3. Verhalten gegen Tränklacke und Gießharze in flüssigem Zustand	11
2.8.2. Dielektrizitätszahl (relative Dielektrizitätskonstante) und dielektrischer Verlustfaktor	4	2.11. Sonstige Eigenschaften	11
2.8.3. Spezifischer Durchgangswiderstand	4	2.11.1. Wasserdampfdurchlässigkeit	11
2.8.4. Elektrolytische Korrosionswirkung	4	2.11.2. Wasseraufnahme nach Lagerung in kaltem Wasser	11
2.8.5. Verhalten unter Einwirkung von Glimmentladungen	4	3. Prüfbericht	11
2.8.6. Gleichspannungsbeständigkeit	5		

1. Geltungsbereich

Diese Norm gilt für Isolierfolien der Elektrotechnik (im folgenden kurz „Folien“ genannt) nach DIN 40 634 Blatt 2 bis 1 mm Dicke in Form von Bahnen, Bändern, Bogen und Zuschnitten.

2. Prüfung**2.1. Anwendung und Auswertung**

2.1.1. Die in DIN 40 634 Blatt 2 in der Tabelle angegebenen Werte für die Eigenschaften sind nach den Angaben in Abschnitten 2.4 bis 2.11.2 zu ermitteln.

2.1.2. Die in Abschnitten 2.4 bis 2.11.2 angegebenen Prüfungen sind nur durchzuführen, wenn die Abmessungen der einzelnen Lieferformen (siehe Abschnitt 1) eine einwandfreie Durchführung der Prüfung gestatten.

2.1.3. Bei der Prüfung ist zu beachten, daß sich für einige Werkstoffeigenschaften längs und quer zur Fertigungsrichtung verschiedene Werte ergeben können.

2.1.4. Entspricht das Ergebnis einer Prüfung nicht dem in DIN 40 634 Blatt 2 angegebenen oder einem zu vereinbarenden Eigenschaftswert, ist diese Prüfung an der doppelten Anzahl Proben zu wiederholen. In diesem Falle ist das Ergebnis der Wiederholungsprüfung maßgebend.

2.2. Proben und Probenahme

2.2.1. Die Anzahl der Probestücke richtet sich nach den einzelnen Prüfungen. Bei Lieferung in Rollen sind mindestens die ersten beiden Lagen zu entfernen, bevor Probestücke entnommen werden.

2.2.2. Für jede Prüfung sind die Proben möglichst gleichmäßig über die Breite des Probestückes verteilt zu entnehmen, damit die Eigenschaften sowohl der Randzone als auch der Innenzonen des Erzeugnisses ermittelt werden.

2.2.3. Wenn für die einzelnen Prüfungen angegeben, werden die Proben sowohl in Längs- als auch in Quer-

Fortsetzung Seite 2 bis 11
Erläuterungen Seite 12

Fachnormenausschuß Kunststoffe (FNK) im Deutschen Normenausschuß (DNA)
Fachnormenausschuß Materialprüfung im DNA
Fachnormenausschuß Elektrotechnik im DNA

richtung des zu prüfenden Erzeugnisses entnommen. Die Längs- und Querrichtung ist auf den Proben in geeigneter Weise zu kennzeichnen. Als Längsrichtung gilt die Fertigungsrichtung beim Herstellen der Folie, als Querrichtung die Richtung senkrecht dazu. Ist bei Bögen und Zuschnitten die Fertigungsrichtung nicht zu erkennen, so ist sie bei den Probestücken nötigenfalls vom Hersteller anzugeben.

2.2.4. Bei Prüfung von Eigenschaften, auf welche die Beschaffenheit der Schnittkanten der Probe von Einfluß ist, müssen die Schnittflächen frei von Kerben und Rissen sein. Zum Schneiden kann jedes, diesen Forderungen entsprechende Folienschneidgerät verwendet werden, wie z. B. in DIN 53 374 angegeben.

2.3. Vorbehandlung der Proben

Die Proben müssen vorbehandelt werden, soweit die Prüfergebnisse vom jeweiligen, nicht definierten Zustand der Proben abhängen.

Die Vorbehandlung der Proben richtet sich nach den Angaben bei den jeweiligen Prüfungen. Weiterhin können besondere Vereinbarungen getroffen werden, wenn die in Aussicht genommene Anwendung der Folien dies erfordert. Im folgenden können nicht alle denkbaren Vorbehandlungen angegeben, sondern nur die wesentlichen Richtlinien aufgezeigt werden.

Die Vorbehandlungen können je nach dem Zweck der Prüfungen wie folgt durchgeführt werden:

Normale Vorbehandlungen, um einen definierten Ausgangszustand der Probe zu erhalten (siehe Abschnitt 2.3.2).

Besondere Vorbehandlungen, um Einflüsse von Beanspruchungen zu erfassen, die bei der Anwendung der Folie auftreten können, wie z. B. mechanische Beanspruchungen, Einwirkungen von Wärme, Feuchtigkeit und Chemikalien (siehe Abschnitt 2.3.3). Weiterhin können noch andere Vorbeanspruchungen von Interesse sein, z. B. eine Beanspruchung durch Glümladungen.

2.3.1. Dauer der Vorbehandlung

Als Dauer der Vorbehandlung soll im allgemeinen gewählt werden:

- 2 Stunden
- 4 Stunden
- 16 Stunden
- 1 Tag
- 2 Tage
- 4 Tage
- 7 Tage
- oder ganzzahlige Vielfache von 7 Tagen

2.3.2. Vorbehandlungen zum Erzielen eines definierten Ausgangszustandes

2.3.2.1. Lagerung 2 Tage lang im Normalklima 23/50 DIN 50 014, falls nichts anderes angegeben ist. Erzeugung der relativen Luftfeuchte siehe Abschnitt 2.3.4.

2.3.2.2. Lagerung 2 Tage lang bei Raumtemperatur im Exsikkator über einem Gefäß mit Calciumchlorid.

2.3.2.3. Lagerung 16 Stunden lang im Wärmeschrank mit natürlicher Durchlüftung nach DIN 50 011 bei $50^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ und anschließend Abkühlen auf Raumtemperatur im Exsikkator über einem Gefäß mit Calciumchlorid.

2.3.3. Vorbehandlungen zur Bestimmung des Einflusses besonderer Beanspruchungen

2.3.3.1. Lagerung in Luft von 50%, 80% oder 93% relativer Feuchte bei Raumtemperatur. Erzeugung der relativen Luftfeuchte siehe Abschnitt 2.3.4.

2.3.3.2. Lagerung in destilliertem Wasser
Bei Lagerung in destilliertem Wasser müssen die Proben vollständig vom Wasser umgeben sein und dürfen sich weder gegenseitig noch die Gefäßwände flächig berühren. Nach dem Herausnehmen der Proben aus dem Wasser ist äußerlich anhaftendes Wasser mit nichtfaserndem Filtrierpapier zu entfernen.

2.3.3.3. Lagerung bei erhöhter Temperatur
Falls in den einschlägigen Vorschriften und Normen für die Folie keine besonderen Bedingungen festgelegt oder vereinbart sind, soll eine Warmlagerung bei Temperaturen nach VDE 0304 Teil 2 oder nach DIN 50 013 durchgeführt werden.

2.3.3.4. Mechanische Beanspruchungen

Je nach der beabsichtigten Anwendung der Folie können die Proben durch Ziehen, Drücken, Falzen, Biegen, Verdrehen usw. vorbehandelt werden. Vor dieser Vorbehandlung muß der Zustand aller Proben gleich sein.

2.3.3.5. Einwirken von Flüssigkeiten

Die Prüfflüssigkeit ist zu vereinbaren. Nach Möglichkeit sind die für den Gebrauch des Erzeugnisses vorgesehenen Flüssigkeiten anzuwenden. Für Vergleichsprüfungen kommen nur Prüfflüssigkeiten in Frage, die hinsichtlich Dichte, Konzentration, Viskosität, Reinheitsgrad, Brechzahl und Siedepunkt definiert sind oder die für alle Versuche des Vergleichs demselben Gebinde entnommen werden.

Bei der Lagerung in der Prüfflüssigkeit müssen die Proben vollständig von der Flüssigkeit umgeben sein und dürfen sich weder gegenseitig noch die Gefäßwände flächig berühren. Nach dem Herausnehmen der Proben aus der Prüfflüssigkeit ist äußerlich anhaftende Flüssigkeit mit nichtfaserndem Filtrierpapier zu entfernen.

2.3.4. Erzeugen der relativen Luftfeuchte

Die in Abschnitt 2.3.2.1. und 2.3.3.1 angegebenen Werte der relativen Luftfeuchte können in einem Hygrostaten mit flachem Einsatzgefäß erzeugt werden, wenn man dieses z. B. mit folgenden gesättigten Salzlösungen, die Salze als Bodenkörper in reichlichem Überfluß gegenüber der Lösung enthalten, füllt.

Tabelle. 1. **Salze zum Erzeugen der relativen Luftfeuchte**

Relative Luftfeuchte	Salz
50% (bei 23°C)	Calciumnitrat
80%	Kaliumbromid rein
93%	Kaliumnitrat rein

2.4. Prüfklima

Die Proben werden, sofern bei den einzelnen Prüfungen nichts anderes angegeben ist, nach der Vorbehandlung innerhalb von 5 Minuten bei Raumtemperatur, in Schiedsfällen im Normalklima 23/50 DIN 50 014, geprüft.

2.5. Dicke

2.5.1. Die Dicke wird nach DIN 53 370 mit einem Dickenmeßgerät gemessen, das eine kreisförmige Meßfläche von 0,2 bis 0,5 cm² (etwa 5 bis 8 mm Durchmesser) hat.

Lassen die Abmessungen der Probe dies nicht zu, dürfen auch kleinere Meßflächen benutzt werden.

2.5.2. Wenn eine kleinere Meßfehlergrenze als nach DIN 53 370 erforderlich ist, muß das Dickenmeßverfahren besonders vereinbart werden.

2.6. Dichte

Die Dichte wird nach DIN 53 479 an drei Proben nach Vorbehandlung (nach Abschnitt 2.3.2.1) bestimmt und als Mittelwert in g/cm³ angegeben.

2.7. Mechanische Eigenschaften

2.7.1. Zugfestigkeit und Reißdehnung (Zugversuch)

Der Zugversuch wird nach DIN 53 455 durchgeführt, jedoch mit Einspannlängen und Vorschubgeschwindigkeiten nach Tabelle 2.

Tabelle 2. Einspannlängen und Vorschubgeschwindigkeiten beim Zugversuch

Reißdehnung 1)	%	unter 20	20 bis 300	über 300
Einspannlänge	mm	100	100	50
Vorschubgeschwindigkeit der ziehenden Einspannklemme	mm/min	50	200	200

Es werden die Zugfestigkeiten und die Reißdehnung ermittelt. Für eingehendere Beurteilungen wird zweckmäßig auch das Kraft-Längenänderungs-Diagramm bis zum Bruch der Probe aufgenommen.

Anmerkung: Die mit verschiedenen Vorschubgeschwindigkeiten ermittelten Werte sind nicht miteinander vergleichbar.

2.7.2. Kanteneinreißkraft

2.7.2.1. Zweck der Prüfung

Die Bestimmung der Kanteneinreißkraft dient der Nachahmung der Kantenbeanspruchung von Folien-Bändern, z.B. beim Bewickeln von Spulenkrümmungen und Leiterstäben.

2.7.2.2. Durchführung

Der Zugversuch wird an 5 Proben von 15 mm Breite und 300 mm Länge (auf einwandfreie Schnittflächen ist zu achten, siehe auch Abschnitt 2.2.4) nach Vorbehandlung nach Abschnitt 2.3.2.1 mit einer Einspannvorrichtung nach Bild 1 in einer Zugprüfmaschine nach DIN 51 221 Blatt 3 der Klasse 1 nach DIN 51 220 durchgeführt. Die Probe wird durch den Schrägschlitz der Einspannvorrichtung gezogen, die in der oberen Einspannklemme der Zugprüfmaschine eingespannt ist. Die beiden Enden der Probe werden unter Verwendung weicher Zwischenlagen (aus Gummi oder ähnlichem Werkstoff) in die untere Einspannklemme der Zugprüfmaschine eingespannt. Hierbei ist darauf zu achten, daß die Probe symmetrisch im Schrägschlitz liegt. Um ein Verrutschen der Probe im Schrägschlitz zu vermeiden, wird die Probe durch ein Gummipolster mit einer Stellschraube leicht angedrückt. Die Probe wird bei einer Vorschubgeschwindigkeit entsprechend Tabelle 2 bis zum Einreißen gedehnt. Als Kanteneinreißkraft wird die Kraft in kp im Augenblick des Einreißen der Probe angegeben.

1) In einem Vorversuch zu ermitteln, bei Prüfung des Einflusses einer besonderen Beanspruchung nach Abschnitt 2.3.3 an der nicht beanspruchten Probe zu bestimmen.

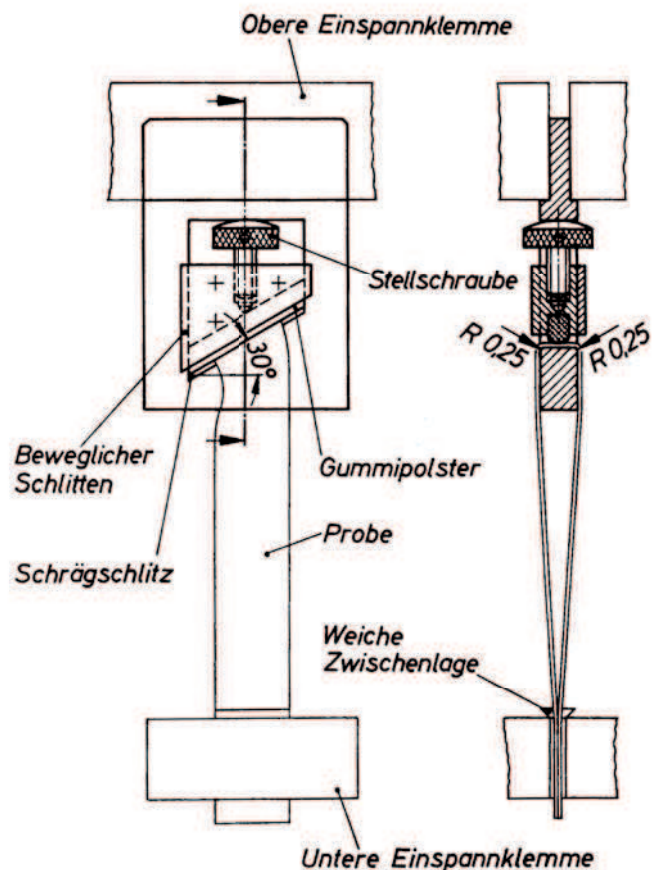


Bild 1. Einspannvorrichtung zur Bestimmung der Kanteneinreißkraft

2.7.3. Weiterreißwiderstand

Der Weiterreißwiderstand wird mit der Winkelprobe nach Graves nach DIN 53 515 bestimmt.

2.7.4. Hin- und Herbiegezahl

Die Hin- und Herbiegezahl wird nach DIN 53 374 bestimmt.

2.8. Elektrische Eigenschaften

2.8.1. Durchschlagfestigkeit

Die Durchschlagfestigkeit wird an Folien-Bahnen und an Folien-Bändern über 15 mm Breite nach DIN 53 481 Blatt 1 (VDE 0303 Teil 2), jedoch unter Einhaltung folgender Bedingungen, bestimmt:

2.8.1.1. Elektroden

Es wird eine Kugel-Elektrode nach DIN 53 481 Blatt 1 (Ausgabe Januar 1967), Abschnitt 3.2.2, mit 20 mm Durchmesser verwendet.

Nach Vereinbarung kann auch eine Platten-Elektrode²⁾ nach DIN 53 481 Blatt 1, Abschnitt 3.2.1 mit 25 mm Durchmesser verwendet werden. Zu den genannten Elektroden wird als Gegenelektrode eine Platten-Elektrode mit 50 mm Durchmesser verwendet.

2.8.1.2. Einbettisolierstoff

Für die Messung der Durchschlagspannung soll das Feld zwischen den Elektroden raumladungsfrei sein. Dies ist

2) Bei Folien von $\leq 0,025$ mm Nenndicke ergibt diese Elektrode keine auswertbaren Ergebnisse.

durch Einbettisolerstoffe, deren Dielektrizitätszahl ϵ_r (relative Dielektrizitätskonstante) höher als die der zu prüfenden Folie ist, zu erreichen. Durch Vorversuche muß sichergestellt sein, daß die Folie während der Dauer der Prüfung nicht durch Einbettisolerstoff beeinflusst wird.

Anmerkung: Geeignete Einbettisolerstoffe sind:

Transformatoröl	$\epsilon_r = 2,2$
Rizinusöl	$\epsilon_r = 4,8$
Chloriertes Diphenyl ³⁾	$\epsilon_r \approx 5,7$
Phthalsäure-di-butylester ⁴⁾	$\epsilon_r \approx 7,0$

Gegebenenfalls kann ein Einbettisolerstoff vereinbart werden, welcher der Anwendung der Folie entspricht.

2.8.1.3. Vorbehandlung

Die Proben werden nur in Schiedsfällen und dann nach Abschnitt 2.3.2.1 vorbehandelt.

2.8.1.4. Durchführung

Die Dicke der Folie wird nach Abschnitt 2.5 gemessen. Die Spannung soll in 15 bis 20 Sekunden gleichmäßig bis zum Durchschlag gesteigert werden.

Foliendicke mm	Anzahl
bis 0,025	100
über 0,025 bis 0,050	50
über 0,050	20

2.8.1.5. Auswertung

2.8.5.1. Bei Foliendicken bis 0,050 mm wird das Prüfergebn nach statistischen Verfahren⁵⁾ ausgewertet. Der Berechnung der Durchschlagfestigkeit (kV/mm) wird das Maximum der Häufigkeitskurve für die Durchschlagspannung zugrunde gelegt. Liegen noch weitere, weniger ausgeprägte Maxima der Häufigkeitskurve vor, sind diese mit anzugeben. Die Häufigkeitskurve ist dem Prüfbericht beizufügen.

2.8.1.5.2. Bei Foliendicken über 0,050 mm wird der Mittelwert und der Kleinstwert in kV/mm angegeben. Durchschläge an Fehlstellen (z. B. Poren, leitende Einschlüsse usw.) sind nicht zur Mittelwertbildung heranzuziehen; sie sind jedoch im Prüfbericht mit anzugeben.

2.8.2. Dielektrizitätszahl (relative Dielektrizitätskonstante) und dielektrischer Verlustfaktor

Die Dielektrizitätszahl ϵ_r und der dielektrische Verlustfaktor $\tan \delta$ werden nach DIN 53 483 Blatt 1 bis Blatt 3 (VDE 0303 Teil 4), jedoch unter Einhaltung folgender Bedingungen, an 5 Proben bestimmt.

2.8.2.1. Elektroden

Es werden kreisförmige Platten-Elektroden nach DIN 53 483 Blatt 2 (Ausgabe Juni 1969), Abschnitt 2.4 in Verbindung mit Haften Elektroden verwendet.

Anmerkung: Bei Folien mit Dicken unter 0,5 mm braucht der Einfluß des Randfeldes der Elektroden nicht mehr berücksichtig

zu werden. Dann sind für die Meßflächen der kreisförmigen Platten-Elektroden die Rechenwerte nach Tabelle 3 einzusetzen.

Tabelle 3

Meßfläche		
Nennwert cm ²	Durchmesser d_1 mm	Rechenwert cm ²
5	24,2	4,6
20	49,5	19,2

Auf Folienbänder können rechteckige Haft-Elektroden aufgebracht werden, deren Abstand vom Rand mindestens 2 mm betragen soll.

2.8.2.2. Vorbehandlung

nach Abschnitt 2.3.2.1.

2.8.2.3. Durchführung

Die Messung wird mit einer geeigneten Meßeinrichtung nach DIN 53 483 Blatt 2 mit Wechselspannung von höchstens 1 V je 0,001 mm Dicke, jedoch nicht höher als 100 V, bei 1000 Hz durchgeführt. Nach Vereinbarung kann auch bei 50 Hz, gegebenenfalls mit höheren Spannungen, oder bei 1 MHz gemessen werden.

2.8.3. Spezifischer Durchgangswiderstand

Der spezifische Durchgangswiderstand ρ_D wird nach DIN 53 482 (VDE 0303 Teil 3), jedoch unter Einhaltung folgender Bedingungen, an 5 Proben bestimmt:

2.8.3.1. Elektroden

Es werden die gleichen Elektroden wie nach Abschnitt 2.8.2.1 verwendet.

2.8.3.2. Vorbehandlung

nach Abschnitt 2.3.2.1.

2.8.3.3. Durchführung

Die Messung wird mit einer Widerstandsmeßeinrichtung nach DIN 53 482 mit Gleichspannung von 100 V, bei Folien unter 0,01 mm Dicke mit $10 \text{ V} \pm 1 \text{ V}$ durchgeführt.

Anmerkung: Bei Anwendung höherer Spannungen besteht die Gefahr, daß infolge der höheren Feldstärken der Poole-Bereich⁶⁾ erreicht und dann das Ohmsche Gesetz nicht mehr gültig ist. Dadurch können sich unterschiedliche Widerstände in Abhängigkeit von der Dicke der Probe ergeben.

2.8.4. Elektrolytische Korrosionswirkung

Die elektrolytische Korrosionswirkung wird nach DIN 53 489 (VDE 0303 Teil 6) bestimmt.

2.8.5. Verhalten unter Einwirkung von Glimmentladungen

Das Verhalten unter Einwirkung von Glimmentladungen wird nach DIN 53 485 (VDE 0303 Teil 7) bestimmt.

³⁾ Handelsname z. B.: Clophen A 30

⁴⁾ Handelsname z. B.: Palatinol C, Unimoll DB

⁵⁾ Statistische Auswertverfahren siehe z. B. DIN 55 302

⁶⁾ Siehe auch A. F. Joffé, Physik der Halbleiter, Akademie-Verlag Berlin 1958.