

DIN EN 60758

ICS 31.140

Ersatz für
DIN EN 60758:2005-09
Siehe jedoch Beginn der
Gültigkeit

**Synthetischer Quarzkristall –
Festlegungen und Leitfaden für die Anwendung (IEC 60758:2008);
Deutsche Fassung EN 60758:2009**

Synthetic quartz crystal –
Specifications and guidelines for use (IEC 60758:2008);
German version EN 60758:2009

Cristal de quartz synthétique –
Spécification et guide d'utilisation (CEI 60758:2008);
Version allemande EN 60758:2009

Gesamtumfang 50 Seiten

DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik im DIN und VDE

Beginn der Gültigkeit

Die von CENELEC am 2008-12-01 angenommene EN 60758 gilt als DIN-Norm ab 2009-05-01.

Daneben darf DIN EN 60758:2005-09 noch bis 2011-12-01 angewendet werden.

Nationales Vorwort

Vorausgegangener Norm-Entwurf: E DIN IEC 60758:2007-06.

Für diese Norm ist das nationale Arbeitsgremium K 642 „Piezoelektrische Bauteile zur Frequenzstabilisierung und -selektion“ der DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik im DIN und VDE (www.dke.de) zuständig.

Die enthaltene IEC-Publikation wurde vom TC 49 „Piezoelectric and dielectric devices for frequency control and selection“ erarbeitet.

Das IEC-Komitee hat entschieden, dass der Inhalt dieser Publikation bis zu dem Datum (maintenance result date) unverändert bleiben soll, das auf der IEC-Website unter „<http://webstore.iec.ch>“ zu dieser Publikation angegeben ist. Zu diesem Zeitpunkt wird entsprechend der Entscheidung des Komitees die Publikation

- bestätigt,
- zurückgezogen,
- durch eine Folgeausgabe ersetzt oder
- geändert.

Für den Fall einer undatierten Verweisung im normativen Text (Verweisung auf eine Norm ohne Angabe des Ausgabedatums und ohne Hinweis auf eine Abschnittsnummer, eine Tabelle, ein Bild usw.) bezieht sich die Verweisung auf die jeweils neueste gültige Ausgabe der in Bezug genommenen Norm.

Für den Fall einer datierten Verweisung im normativen Text bezieht sich die Verweisung immer auf die in Bezug genommene Ausgabe der Norm.

Der Zusammenhang der zitierten Normen mit den entsprechenden Deutschen Normen ergibt sich, soweit ein Zusammenhang besteht, grundsätzlich über die Nummer der entsprechenden IEC-Publikation. Beispiel: IEC 60068 ist als EN 60068 als Europäische Norm durch CENELEC übernommen und als DIN EN 60068 ins Deutsche Normenwerk aufgenommen.

Änderungen

Gegenüber DIN EN 60758:2005-09 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Vorbereitung der AT-Schnitt-Platte zum Ätzen wurde zur Vereinfachung geändert.
- b) Ätzkanal-Klassifizierung wurde geändert, unter Beachtung der Nutzeranfragen.
- c) Erklärung der Unterschiede zwischen IEC-Norm und IEEE-Norm beim orthogonalen Achsensystem für Quarz als Anhang F ergänzt.

Frühere Ausgaben

DIN IEC 60758: 1994-02

DIN EN 60758: 2005-09

Deutsche Fassung

Synthetischer Quarzkristall –
Festlegungen und Leitfaden für die Anwendung
(IEC 60758:2008)

Synthetic quartz crystal –
Specifications and guidelines for use
(IEC 60758:2008)

Cristal de quartz synthétique –
Spécification et guide d'utilisation
(CEI 60758:2008)

Diese Europäische Norm wurde von CENELEC am 2008-12-01 angenommen. Die CENELEC-Mitglieder sind gehalten, die CEN/CENELEC-Geschäftsordnung zu erfüllen, in der die Bedingungen festgelegt sind, unter denen dieser Europäischen Norm ohne jede Änderung der Status einer nationalen Norm zu geben ist.

Auf dem letzten Stand befindliche Listen dieser nationalen Normen mit ihren bibliographischen Angaben sind beim Zentralsekretariat oder bei jedem CENELEC-Mitglied auf Anfrage erhältlich.

Diese Europäische Norm besteht in drei offiziellen Fassungen (Deutsch, Englisch, Französisch). Eine Fassung in einer anderen Sprache, die von einem CENELEC-Mitglied in eigener Verantwortung durch Übersetzung in seine Landessprache gemacht und dem Zentralsekretariat mitgeteilt worden ist, hat den gleichen Status wie die offiziellen Fassungen.

CENELEC-Mitglieder sind die nationalen elektrotechnischen Komitees von Belgien, Bulgarien, Dänemark, Deutschland, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, den Niederlanden, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, Rumänien, Schweden, der Schweiz, der Slowakei, Slowenien, Spanien, der Tschechischen Republik, Ungarn, dem Vereinigten Königreich und Zypern.

CENELEC

Europäisches Komitee für Elektrotechnische Normung
European Committee for Electrotechnical Standardization
Comité Européen de Normalisation Electrotechnique

Zentralsekretariat: rue de Stassart 35, B-1050 Brüssel

© 2009 CENELEC – Alle Rechte der Verwertung, gleich in welcher Form und in welchem Verfahren, sind weltweit den Mitgliedern von CENELEC vorbehalten.

Ref. Nr. EN 60758:2009 D

Vorwort

Der Text des Schriftstücks 49/808/FDIS, zukünftige 4. Ausgabe von IEC 60758, ausgearbeitet von dem IEC/TC 49 „Piezoelectric and dielectric devices for frequency control and selection“, wurde der IEC-CENELEC Parallelen Abstimmung unterworfen und von CENELEC am 2008-12-01 als EN 60758 angenommen.

Diese Europäische Norm ersetzt EN 60758:2005.

EN 60758:2009 beinhaltet die folgenden erheblichen technischen Änderungen gegenüber EN 60758:2005:

- Die Vorbereitung der AT-Schnitt-Platte zum Ätzen wurde zur Vereinfachung geändert;
- die Ätzkanal-Klassifizierung wurde unter Beachtung der Nutzeranfragen geändert;
- die Erklärung der Unterschiede beim orthogonalen Achsensystem für Quarz zwischen IEC-Norm und IEEE-Norm wurde als Anhang F ergänzt.

Nachstehende Daten wurden festgelegt:

- spätestes Datum, zu dem die EN auf nationaler Ebene durch Veröffentlichung einer identischen nationalen Norm oder durch Anerkennung übernommen werden muss (dop): 2009-09-01
- spätestes Datum, zu dem nationale Normen, die der EN entgegenstehen, zurückgezogen werden müssen (dow): 2011-12-01

Der Anhang ZA wurde von CENELEC hinzugefügt.

Anerkennungsnotiz

Der Text der Internationalen Norm IEC 60758:2008 wurde von CENELEC ohne irgendeine Abänderung als Europäische Norm angenommen.

Inhalt

	Seite
Vorwort	2
1 Anwendungsbereich	5
2 Normative Verweisungen	5
3 Begriffe	5
4 Spezifikation für synthetischen Quarzkristall „wie gezüchtet“	9
4.1 Normwerte	9
4.2 Anforderungen und Messverfahren	11
4.3 Kennzeichnung	17
5 Spezifikation für vorbearbeiteten synthetischen Quarzkristall	18
5.1 Normwerte	18
5.2 Anforderungen und Messverfahren	18
5.3 Lieferbedingungen	19
6 Prüfung von synthetischen Quarzkristallen und vorbearbeiteten synthetischen Quarzkristallen	19
6.1 Prüfung von synthetischen Quarzkristallen „wie gezüchtet“	19
6.2 Prüfvorschrift für vorbearbeitete synthetische Quarzkristalle	21
7 Leitfaden für die Anwendung von synthetischen Quarzkristallen	21
7.1 Allgemeines	21
7.2 Form und Größe von synthetischem Quarzkristall	22
7.3 Standardverfahren zur Bewertung der Qualität von synthetischen Quarzkristallen	23
7.4 Weitere Verfahren zur Prüfung der Qualität von synthetischem Quarzkristall	23
7.5 α -Klasse	25
7.6 Zusätzliche Klassifizierung (nur nach Bestellung) für Einschlüsse, Ätzkanäle und Aluminiumgehalt	25
7.7 Bestellangaben	26
Anhang A (informativ) Häufig angewendete Stichproben-Verfahren	35
Anhang B (informativ) Numerisches Beispiel	37
Anhang C (informativ) Beispiel für die Auswahl von Bezugsmustern	38
Anhang D (informativ) Erläuterungen zu Messschiebern mit Messspitzen	39
Anhang E (informativ) Kompensation des Infrarot-Absorptionswertes α	40
Anhang F (informativ) Unterschiede zwischen IEC-Norm und IEEE-Norm beim orthogonalen Achsensystem für Quarz	44
Literaturhinweise	46
Anhang ZA (normativ) Normative Verweisungen auf internationale Publikationen mit ihren entsprechenden europäischen Publikationen	48
 Bilder	
Bild 1 – Schematische Schnitte eines synthetischen Quarzkristalls, der auf einem Z-Schnitt-Kristallkeim gezüchtet wurde	27
Bild 2 – Bezeichnungen der Achsen und Flächen eines Quarzkristalls	28

	Seite
Bild 3 – Typische Beispiele von gesägten Scheiben für AT-Schnitt-Platten, kleiner Rhomboeder-Schnitt-Platte, X-Schnitt-Platte, Y-Schnitt-Platte und Z-Schnitt-Platte	29
Bild 4 – Temperaturgang der Frequenz für die Prüfung der Steigung	29
Bild 5 – Bezeichnung der Achsen und Flächen eines Quarzkristalls	30
Bild 6 – Synthetischer Quarzkristall, gezüchtet auf einem Z-Schnitt-Kristallkeim mit kleinen X-Maßen	31
Bild 7 – Beispiel einer früheren (1970) Beziehung zwischen dem Absorptionskoeffizienten von Infrarot-Strahlung und der Güte von synthetischem Quarzkristall	31
Bild 8 – Umrissformen und Maße von vorbereiteten synthetischen Quarzkristallen in Richtung der X-, Y- und Z-Achsen	32
Bild 9 – Winkelabweichung der Bezugsoberfläche.....	33
Bild 10 – Zentrität des Kristallkeims bezüglich der Maße in Richtung der Z- oder Z'-Achse.....	34
Bild D.1 – Messschieber mit Messspitzen	39
Bild D.2 – Digital-Messschieber mit Messspitzen.....	39
Bild E.1 – Schematische Darstellung des Messaufbaus	41
Bild E.2 – Grafische Beziehung zwischen gemitteltem und gemessenem α -Wert bei den drei Wellenzahlen $\alpha_{3\,500}$, $\alpha_{3\,585}$ und $\alpha_{3\,410}$	43
Bild F.1 – Links- und rechtsdrehende Quarzkristalle.....	45
 Tabellen	
Tabelle 1 – Konzentration der Einschlüsse für die Klassen	9
Tabelle 2 – Angabe der Infrarot-Güte für die Klassen	10
Tabelle 3 – Flächendichte der Ätzkanäle für die Klassen.....	11
Tabelle 4 – Prüfbedingungen und Prüfanforderungen für die losweise Prüfung der Gruppe A	20
Tabelle 5 – Prüfbedingungen und Prüfanforderungen für die losweise Prüfung der Gruppe B	20
Tabelle 6 – Prüfbedingungen und Prüfanforderungen für die losweise Prüfung.....	21
Tabelle B.1 – Vereinfachte Stichprobenprüfung, Verfahren 1	37
Tabelle B.2 – Vereinfachte Stichprobenprüfung.....	37
Tabelle E.1 – Beispiel für Kalibrierdaten bei $\alpha_{3\,585}$	42
Tabelle E.2 – Beispiel für Kalibrierdaten bei $\alpha_{3\,500}$	42
Tabelle E.3 – Beispiel für Kalibrierdaten bei $\alpha_{3\,410}$	42

1 Anwendungsbereich

Diese Internationale Norm gilt für synthetische Quarzeinkristalle für die Herstellung von piezoelektrischen Elementen zur Frequenzstabilisierung und -selektion.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden zitierten Dokumente sind für die Anwendung dieses Dokuments erforderlich. Bei datierten Verweisungen gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen).

IEC 60068-1:1988, *Environmental testing – Part 1: General and guidance*
Amendment 1:1992

IEC 60122-1:2002, *Quartz crystal units of assessed quality – Part 1: Generic specification*

IEC 60410:1973, *Sampling plans and procedures for inspection by attributes*

IEC 61994 (alle Teile), *Piezoelectric and dielectric devices for frequency control and selection – Glossary*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Begriffe nach IEC 61994 und die folgenden Begriffe.

3.1

hydrothermische Kristallzucht

bedeutet wörtlich Kristallzucht in der Anwesenheit von Wasser, erhöhten Temperaturen und Drücken, durch die ein Kristallwachstumsprozess angenommen wird, der geologisch im Erdmantel abläuft. Die industriellen Kristallzuchtverfahren für synthetischen Quarz verwenden wässrige alkalische Lösungen in Autoklaven bei überkritischen Temperaturen (330 °C bis 400 °C) und Drücken (700 Atmosphären bis 2 000 Atmosphären).

ANMERKUNG Der Autoklav ist in zwei Kammern geteilt: der Lösungskammer mit Rohquarz-Bruchstücken bei der höheren Temperatur, der Zuchtkammer mit Kristallkeimen bei der tieferen Temperatur (siehe 7.1.2).

3.2

synthetischer Quarzkristall

Einkristall aus α -Quarz, der nach dem hydrothermischen Verfahren gezüchtet wurde. Er besitzt nur einen Drehsinn und befindet sich im Zustand „wie gezüchtet“. Zuchtquarz hat die gleiche Bedeutung wie synthetischer Quarzkristall.

3.2.1

synthetischer Quarzkristall, wie gezüchtet

hydrothermisch gezüchteter Quarzeinkristall. „Wie gezüchtet“ bezieht sich auf den Bearbeitungszustand und gibt den Zustand nach dem Wachstum vor jeder Behandlung, ausgenommen Qualitätskontrolle, an.

3.2.2

Y-Barren, wie gezüchtet

Kristalle, die mit einem Kristallkeim mit dem größten Maß in Y-Richtung hergestellt wurden

3.2.3

Z-Barren, wie gezüchtet

Kristalle, bei denen der in Z-Richtung gewachsene Abschnitt viel größer als der in X-Richtung gewachsene Abschnitt ist. Die relative Größe des Wachstumsabschnitts wird durch das *X*-Maß der Kristallkeime bestimmt

3.3

Los synthetischer Quarzkristalle

synthetische Quarzkristalle, die zur gleichen Zeit in einem Autoklaven gezüchtet worden sind

3.4

Kristallkeim

Quarzkristallplatte oder -stab mit rechteckigem Querschnitt als Keim für das Kristallwachstum

3.5

Wachstumszonen

Bereiche eines synthetischen Quarzkristalls, die durch Wachstum in verschiedene kristallografische Richtungen entstehen (siehe Bild 1)

3.6

Orientierung eines synthetischen Quarzkristalls

Orientierung seines Kristallkeimes hinsichtlich der in 3.7 festgelegten orthogonalen Achsen

3.7

orthogonales Achsensystem eines α -Quarzkristalls

orthogonales Achsensystem, das aus drei Achsen, einer wechselweise vertikalen X-Achse, einer Y-Achse und einer Z-Achse, besteht

3.7.1

Achsensystem für Quarzkristalle (wie im Bild 2 dargestellt)

ANMERKUNG Der Kristallkeim des Z-Schnitts kann eine Orientierung mit einem Winkel von weniger als $20^{\circ N1)}$ zur Y-Achse aufweisen, wobei in diesem Fall das Achsensystem x, Y', z' angewendet wird.

3.7.2

AT-Schnitt-Platte

eine gedrehte Y-Schnitt-Kristallplatte, die eine Orientierung mit einem Winkel von etwa $+35^{\circ}$ um die X-Achse oder etwa -3° von der (kleinen Rhomboeder-)z-Fläche aufweist, wie im Bild 3 dargestellt

3.7.3

(kleine Rhomboeder-)z-Schnitt-Platte

parallel zur (kleinen Rhomboeder-)z-Fläche liegende Kristallplatte, wie im Bild 3a dargestellt

3.7.4

X-Schnitt-Platte

senkrecht zur X-Achse liegende Kristallplatte, wie im Bild 3b dargestellt

3.7.5

Y-Schnitt-Platte

senkrecht zur Y-Achse liegende Kristallplatte, wie im Bild 3b dargestellt

3.7.6

Z-Schnitt-Platte

senkrecht zur Z-Achse liegende Kristallplatte, wie im Bild 3b dargestellt

3.8

Maße

zugehörige Maße beim Wachstum an einem Z-Schnitt-Kristallkeim, der weniger als $20^{\circ N2)}$ von der Y-Achse weggedreht ist

3.8.1

Grobmaße

Höchstmaße in X-, Y- oder Y'- und Z- oder Z'-Richtungen, die in den X-, Y'- und Z'-Richtungen gemessen werden

^{N1)} Nationale Fußnote. Hier muss es richtig heißen: ... mit einem Winkel von 20° ...

^{N2)} Nationale Fußnote. Hier muss es richtig heißen: ... an einem Z-Schnitt-Kristallkeim, der 20° ...

3.8.1.1

effektives Z-Maß

effektives Z-Maß, wie gezüchtet, das als Kleinstmaß in Z- ($\theta = 0^\circ$) oder Z'-Richtung im nutzbaren Y- oder Y'-Bereich eines gezüchteten Kristalls definiert ist und nach Bild 1 durch Z_{eff} beschrieben wird

3.8.1.2

kleinstes Z-Maß

kleinster Abstand von der Oberfläche des Kristallkeims zur Z-Oberfläche, der nach Bild 1d durch Z_{min} beschrieben wird

3.8.2

Maße hinsichtlich des Wachstums auf einem Z-Schnitt-Kristallkeim, der um mehr als 20° von der X-Achse weggedreht ist

(in Beratung)

3.9

Einschlüsse

alle Fremdstoffe in einem synthetischen Quarzkristall, die bei der Untersuchung des Streulichts einer hellen Lichtquelle sichtbar sind, wobei der Kristall in eine Flüssigkeit mit angepasstem Brechungsindex eingetaucht ist

Ein besonders häufiger Einschluss ist das Mineral Akmit (Natriumeisensilikat).

3.9.1

Schleier des Kristallkeims

der Bereich der Einschlüsse oder Blasen an der Oberfläche des Kristallkeims, an der ein Kristall gezüchtet worden ist

3.9.2

Ätzkanal

entlang einer Versetzungslinie entstandener grober zylindrischer Hohlraum nach dem Ätzen eines Quarzkristalls

3.10

Dotierung

jeder Zusatzstoff beim Zuchtprozess, der die Kristallbeschaffenheit, chemische Zusammensetzung, physikalische oder elektrische Eigenschaften des Loses synthetischer Quarzkristalle verändert

3.11

vorgeformter Quarzbarren

Stab aus synthetischem Quarzkristall, dessen Maße, wie sie sich durch Züchten ergeben haben, durch Sägen, Schleifen, Läppen usw. verändert worden sind, um einer besonderen Maßanforderung zu genügen

3.12

Konzentration der Verunreinigungen

die auf die Siliziumatome bezogene Konzentration der Verunreinigungen

3.13

Versetzungen

lineare Defekte im Kristall durch versetzte Atomebenen

3.14

Ätzkanal

entlang einer Versetzungslinie entstandener grober zylindrischer Hohlraum nach dem Ätzen eines Prüfwafers, der aus einem Quarzkristall vorbereitet wurde

3.15

Autoklav

Behälter für die Bedingungen von hohem Druck und hoher Temperatur, die für das Züchten synthetischer Quarzkristalle erforderlich sind

3.16

Rechtsquarz oder Linksquarz

Drehsinn eines Quarzkristalls, der durch Beobachtung des Drehsinns der optischen Drehung in polarisiertem Licht bestimmt wird. Bei einem Rechtsquarz ist der Kristall rechtsdrehend (dextrorotatorisch), bei einem Linksquarz ist der Kristall linksdrehend (lävorotatorisch).

3.17

Zwillingskristalle

Zwillingskristalle folgen den Gesetzen der Kristallographie hinsichtlich der Symmetrie bestimmter Flächen oder Achsen

Bei synthetischen Quarzkristallen wurden die beiden folgenden Typen identifiziert:

a) Elektrische Zwillingskristalle

Ein Quarzkristall, in dem Bereiche mit gemeinsamer Z-Achse vorhanden sind, die eine Polaritätsumkehr der elektrischen X-Achse aufweisen

b) Optische Zwillingskristalle

Ein Quarzkristall, in dem Bereiche mit gemeinsamer Z-Achse vorhanden sind, die eine Umkehrung des Drehsinns der optischen Z-Achse zeigen

3.18

Infrarot-Absorptionskoeffizient, α -Wert

Koeffizient (als α -Wert bezeichnet), der durch Bestimmung des Zusammenhanges der Absorption zweier Wellenlängen festgelegt wird: eine Wellenlänge mit der kleinsten Absorption auf Grund der OH-Verunreinigung, die andere Wellenlänge mit starker Absorption auf Grund der Anwesenheit von OH-Verunreinigungen im Kristallgitter. Die OH-Verunreinigung erzeugt in den Resonatoren einen Verlust der mechanischen Energie, und deren Anwesenheit steht im Zusammenhang mit weiteren verlusterzeugenden Verunreinigungen. Der α -Wert ist ein Maß für die OH-Konzentration und steht in Wechselbeziehung zu den erwarteten Verlusten mechanischer Energie, die von Materialverunreinigungen verursacht werden. Der Infrarot-Absorptionskoeffizient, α -Wert, wird mit der folgenden Gleichung bestimmt:

$$\alpha = \frac{1}{t} \log \frac{T_1}{T_2}$$

Dabei ist

α der Infrarot-Absorptionskoeffizient;

t die Dicke des Y-Schnitt-Probekörpers, in Zentimeter;

T_1 die Transmission, in Prozent, bei einer Wellenzahl von 3 800 cm⁻¹ oder 3 979 cm⁻¹;

T_2 die Transmission, in Prozent, bei einer Wellenzahl von 3 410 cm⁻¹, 3 500 cm⁻¹ oder 3 585 cm⁻¹.

3.19

vorbearbeiteter synthetischer Quarzkristall

ein synthetischer Quarzkristall, dessen X-, Z- oder Z'-Oberflächen, wie sie sich durch Züchten ergeben haben, durch Sägen, Schleifen, Läppen usw. flach und parallel bearbeitet worden sind, um besonderen Maß- und Orientierungsanforderungen zu genügen

3.19.1

vorbearbeiteter Y-Quarzbarren

Quarzbarren, der aus einem Y-Barren, wie er sich durch Züchten ergeben hat, vorbearbeitet worden ist

3.19.2

vorbearbeiteter Z-Quarzbarren

Quarzbarren, der aus einem Z-Barren, wie er sich durch Züchten ergeben hat, vorbearbeitet worden ist

3.20

Bezugsoberfläche

eine Oberfläche des vorbearbeiteten Quarzbarrens, die hinsichtlich einer kristallografischen Richtung (üblicherweise der X-Richtung) mit einer spezifischen Ebenheit und Orientierung vorbereitet worden ist

4 Spezifikation für synthetischen Quarzkristall „wie gezüchtet“

4.1 Normwerte

4.1.1 Orientierung des Kristallkeims

Normwerte für die Orientierung des Kristallkeims sind Z-Schnitte, gedrehte X-Schnitte, Schnitte parallel zur kleinen Rhomboederfläche (z-Achse) und um 1° 30', 2°, 5° und 8° 30' gedrehte Z-Schnitte, wobei die Z'-Achse der drei letztgenannten Kristallkeime entsprechend der Darstellung im Bild 2 gedreht ist.

4.1.2 Konzentration der Einschlüsse

Die Konzentration der Einschlüsse (gemessen nach 4.2.5.3) darf für jede Klasse und in jedem geforderten Größenbereich die Angaben in der Tabelle 1 nicht überschreiten.

Tabelle 1 – Konzentration der Einschlüsse für die Klassen

Klasse / Größenbereich µm	Konzentration je cm ³			
	10 bis 30	30 bis 70	70 bis 100	> 100
Ia	2	1	0	0
Ib	3	2	1	1
I	6	4	2	2
II	9	5	4	3
III	12	8	6	4

Wenn Anwender eine Klasse mit nur einem oder mehreren Größenbereichen benötigen, dürfen sie ihre Festlegungen durch die Klasse und den entsprechenden Größenbereich angeben.

4.1.3 Angabe der Infrarot-Güte, $\alpha_{3\ 500}$, $\alpha_{3\ 585}$, $\alpha_{3\ 410}$

Jeder Wert des Infrarot-Absorptionskoeffizienten (α -Wert) eines synthetischen Quarzkristalls (gemessen nach 4.2.6) muss die in Tabelle 2 in den Spalten für $\alpha_{3\ 500}$, $\alpha_{3\ 585}$ und $\alpha_{3\ 410}$ angegebenen Werte für die einzelnen Klassen einhalten.

Tabelle 2 – Angabe der Infrarot-Güte für die Klassen

Klasse	Höchstwerte			vor 1987 ^a $Q \times 10^6$ Einheiten
	$\alpha_{3\,500}$	$\alpha_{3\,585}$	$\alpha_{3\,410}$	
Aa	0,026	0,015	0,075	3,8
A	0,033	0,024	0,082	3,0
B	0,045	0,050	0,100	2,4
C	0,060	0,069	0,114	1,8
D	0,080	0,100	0,145	1,4
E	0,120	0,160	0,190	1,0

^a Diese Q -Werte wurden aus α -Messungen und empirischer Korrelation bestimmt und wurden vor 1987 allgemein angewendet. Zur Kontinuität nach dem Wechsel auf die α -Werte werden sie hier angegeben. α ist das physikalische Maß, welches jetzt angewendet wird, um die Güte von synthetischen Quarzen zu kontrollieren und festzulegen.

Die vorstehend angegebenen Prüfgrenzwerte entsprechen oder sind gleich mit den $\alpha_{3\,500}$ -Grenzwerten entsprechender Güteklassen, die in der ersten Ausgabe von IEC 60758 angegeben sind (Ausnahme: Grenzwerte der Klassen B und D). Diese frühere Veröffentlichung hat einige gleiche Klassen hinsichtlich der Angaben für die kleinste Güte in 106 Einheiten^{N3)} wie folgt bezeichnet:

A = 3,0;

B = 2,2 (hier verwendete Basis), geändert von 2,4 in der früheren Ausgabe;

C = 1,8;

D = 1,4 (überarbeitet);

E = 1,0 (wie die frühere Klasse D).

4.1.4 Temperaturgang der Frequenz (Bild 4 und 4.2.7)

Der Temperaturgang der Frequenz von Schwingquarzen aus synthetischem Quarz muss durch Bestimmung der relativen Abweichungen der Messungen bei 15 °C und 35 °C von der Serienresonanzfrequenz bei 25 °C bestimmt werden. Die relativen Abweichungen müssen folgende Bedingungen erfüllen:

- relative Frequenzabweichung bei 15 °C: $+0,5 \times 10^{-6}$ bis $+1,5 \times 10^{-6}$;
- relative Frequenzabweichung bei 35 °C: $-0,5 \times 10^{-6}$ bis $-1,5 \times 10^{-6}$.

Die Messungen sind nach IEC 60122-1, 4.7.3, durchzuführen.

4.1.5 Flächendichte der Ätzkanäle, ρ

Wenn gefordert, muss die Flächendichte der Ätzkanäle, ρ , je cm^2 , (gemessen nach 4.2.8) für jede Klasse die Werte in Tabelle 3 einhalten.

^{N3)} Nationale Fußnote. Hier muss es richtig heißen: ... kleinste Güte in 10^6 Einheiten ...

Tabelle 3 – Flächendichte der Ätzkanäle für die Klassen

Klasse	Höchstwert ρ je cm^2
1aa	2
1a	5
1	10
2	30
3	100
4	300

4.2 Anforderungen und Messverfahren

4.2.1 Orientierung

Die Orientierung des Kristallkeims darf in den festgelegten Richtungen keine größere Abweichung als 30 Minuten vom Nennwert haben.

4.2.2 Drehsinn

Der Drehsinn des Kristallkeims muss festgelegt sein, entweder rechtsdrehend oder linksdrehend (siehe Bild 2).

4.2.3 Maße synthetischer Quarzkristalle

Die Maße müssen mit Messschiebern oder Messschiebern mit Messspitzen gemessen werden, mit denen die Messung der dünnsten Stelle des synthetischen Quarzkristalls möglich ist (siehe Anhang D).

4.2.3.1 Maß in Richtung der Y- oder Y'-Achse

Das Maß muss dem festgelegten Maß entsprechen (siehe Bild 1d).

4.2.3.2 Maß in Richtung der Z- oder Z'-Achse ist mit einem Hals-Messschieber zu messen

Das Maß in Richtung der Z- oder Z'-Achse muss als Größtmaß in Richtung der Z- oder Z'-Achse in der größeren X-Zone festgelegt sein (siehe Bild 1c).

4.2.3.3 Maß Z_{eff} oder Z'_{eff}

Das Maß Z_{eff} oder Z'_{eff} muss als Kleinstmaß in Richtung der Z- oder Z'-Achse festgelegt sein (siehe Bild 1c).

4.2.3.4 Maß Z_{min} oder Z'_{min}

Das Maß muss dem festgelegten Maß entsprechen (siehe Bild 1c und 1d).

4.2.3.5 Maß in Richtung der X-Achse

Das Grobmaß in Richtung der X-Achse muss dem angegebenen Maß entsprechen (siehe Bild 1c).

4.2.4 Maße des Kristallkeims

4.2.4.1 Maß Z oder Z'

Das Maß Z oder Z' (d. h. die Dicke) des Z -Schnitt- oder des gedrehten Z' -Schnitt-Kristallkeims muss kleiner als 3 mm sein, sofern nicht anders angegeben.

4.2.4.2 Maß X

Das Maß X des Kristallkeims muss dem angegebenen Maß entsprechen.

4.2.5 Fehlstellen

4.2.5.1 Zwillingsbildung

Im nutzbaren Bereich darf weder elektrische noch optische Zwillingsbildung auftreten. Zwillingsbildung muss durch Sichtprüfung kontrolliert werden.

4.2.5.2 Sprünge und Brüche

Im nutzbaren Bereich dürfen keine Sprünge oder Brüche vorhanden sein. Sprünge und Brüche müssen durch Sichtprüfung kontrolliert werden.

4.2.5.3 Konzentration von Einschlüssen

Die folgenden beiden Messverfahren werden angewendet, von denen ein Verfahren ausgewählt werden darf.

Verfahren 1

Einschlüsse in den festgelegten Größenbereichen werden bei der Sichtprüfung in Stichprobenvolumina je cm^3 in einem Kristall mit einem Stereomikroskop bei 30- bis 40facher Vergrößerung gezählt, das mit einer Zählmöglichkeit innerhalb eines kreisförmigen oder quadratischen Sichtfeldes und einem kalibrierten Gitterraster zur Bestimmung von Partikelgrößen, einer intensiven seitlichen Beleuchtung (z. B. mit einer Halogenlampe) über einem vertieft liegenden matten schwarzen Hintergrund, einer Flüssigkeit mit angepasstem Brechungsindex ($n \approx 1,55$) für die Transparenz und Einrichtungen für die Messung der Maße der ausgezählten Stichprobenvolumina ausgestattet ist.

Verfahren 2

Treten Schwierigkeiten bei der Anwendung des Verfahrens 1 auf, werden die Kristalle mit Bezugsmustern verglichen, die etwa jeden Größenbereich repräsentieren, indem sie in eine Flüssigkeit mit angepasstem Brechungsindex ($n \approx 1,55$) für die Transparenz eingetaucht werden oder indem eine derartige Flüssigkeit auf der Oberfläche angewendet wird. Die Bezugsmuster müssen zwischen Lieferant und Anwender abgestimmt worden sein. Ein Beispiel für das Auswahlverfahren für Bezugsmuster wird in Anhang C aufgeführt.

4.2.5.3.1 Probenahme

Auf Grund des beträchtlichen Aufwandes an Zeit, Arbeit und Kosten wird üblicherweise ein Stichprobenplan zwischen Lieferant und Käufer vereinbart, der sowohl für Barren als auch für die Bereiche gilt, wenn eine Qualitätskontrolle hinsichtlich der Konzentration der Einschlüsse oder der Flächendichte der Ätzkanäle gefordert ist.

Es liegt auf der Hand, dass die vorzuziehende kostengünstigste Situation für Prüfungen darin besteht, wenn die Konzentrationen der Einschlüsse oder die Flächendichte der Ätzkanäle deutlich unter den Grenzwerten liegt und weniger häufige Stichproben beurteilt werden können. Weil dies nicht immer erreicht werden kann, sind mitunter strengere Prüfverfahren für die Konzentration bzw. Flächendichte erforderlich und müssen von Lieferant und Anwender erarbeitet, eingeführt und vereinbart worden sein.

Für entsprechend vereinbarte Prüfungen des Qualitätsniveaus und zur Sicherstellung, dass die Quarzkristalle und die auszuzählenden Volumina ausreichend repräsentativ sind, werden zuverlässige statistische Verfahren gefordert. In der in den Literaturhinweisen angegebenen Literatur werden deshalb Stichprobenverfahren und statistische Zuverlässigkeitsprüfungen angegeben, deren Prinzipien hier nicht wiederholt werden.

4.2.5.3.2 Stichproben von Losen

Bei den meisten Stichproben von Losen wird ein geeigneter Stichprobenbarren oder eine Gruppe von Barren für die Gesamtheit des Loses als repräsentativ ausgewählt. Die Anzahl der Barren hängt von der gesamten Losgröße, dem Kristalltyp, der vorgesehenen Anwendung, dem Abstand zwischen Mittel- und Zielwerten der Konzentration der Einschlüsse sowie den Anforderungen an die geforderte AQL-Vertrauensgrenze ab, um ausreichend sicherzustellen, dass die Konzentration der Einschlüsse des Loses in jedem Größenbereich unter dem Grenzwert der jeweiligen Klasse liegt. Die Gruppe der Stichprobenbarren sollte das Los hinsichtlich der Konzentration der Einschlüsse ausreichend repräsentieren. Auftretende Abweichungen sind zulässig und müssen zur größeren Sicherheit in Richtung höherer und nicht niedriger Konzentration der Einschlüsse liegen.

4.2.5.3.3 Volumina in einem Barren

Für das Zählen der Einschlüsse wird zunächst eine Gruppe von Volumina in jedem Stichprobenbarren ausgewählt. Die Grenzen der Volumina ergeben sich aus der Größe des Gesichtsfeldes des Mikroskops (oder aus den Umrissmaßen des quadratischen Gitterrasters) und entweder aus der Barrenhöhe oder aus dem Bereich der Schärfentiefe des eingesetzten Mikroskops. Es ist notwendig, die Volumina und ihre Anzahl festzulegen, in denen die Zählungen aufsummiert werden. Die für die Zählung ausgewählten Volumina sollten vor allem Bereiche einschließen (üblicherweise Z-Wachstumszonen nach Bild 3), deren Material in den Bauelementen verwendet werden soll und aktiv ist, und sollten außerdem in den Volumina keine Bereiche mit hohen Konzentrationen der Einschlüsse ausschließen. Für einen guten statistischen Vertrauensbereich muss die Anzahl der Volumina je Barren mindestens sechs betragen.

Die Orte der Stichprobenvolumina innerhalb eines Barrens müssen in Richtung der X-, Y- und Z-Achsen geeignet verteilt sein, um die Verteilung der Konzentration der Einschlüsse in diesen Richtungen zu erhalten. Übliche synthetische Quarzkristallbarren (siehe Bild 3a) haben große Maße in der Y-Richtung und kleine in den X- und Z-Richtungen. Die Konzentration der Einschlüsse verändert sich üblicherweise am stärksten in der Richtung des Zonenwachstums, d. h. in Richtung der Z-Achse bei der Z-Zone (siehe Bilder 1a und 3). Deshalb sollten sich bei großen Z-Kristallen die Stichprobengebiete in unterschiedlichen Z-Abständen vom Kristallkeim befinden, um sicherzustellen, dass die Gruppe der Stichprobenvolumina den Barrenbereich von Z gut repräsentiert. In ähnlicher Art sollten die Stichproben in X- oder Y-Richtung gebildet werden, wenn solche Verteilungen festgestellt werden.

Um die Stichprobenvolumina eines üblichen Barrens geeignet zu verteilen, wird die kleine X-Oberfläche durch transversale Z'-Striche senkrecht zum Kristallkeim in gleichmäßigen 10-mm-Abständen entlang der Y-Richtung markiert. Die Stichprobenvolumina zur Zählung der Einschlüsse werden anschließend nach Bedarf innerhalb jeden Quaders aus den Markierungen und den Kristalloberflächen ausgewählt. Zur Festlegung der Stichprobenvolumina mit unterschiedlichen Abständen vom Kristallkeim sollten bei kleinen Kristallen (bei denen die Z-Zone kleiner ist als der doppelte Durchmesser der Gesichtsfeldfläche des Mikroskops) die Volumina abwechselnd in der Nähe und in großer Entfernung vom Kristallkeim gewählt werden. Bei größeren Kristallen sollten die Volumina in Z-Richtung je nach Maß aufeinander folgend gewählt werden, um sicherzustellen, dass jedes Gebiet der Einschlüsse durch die Stichprobenvolumina repräsentiert wird. Einige häufig angewendete Stichprobenpläne werden in Anhang A erläutert.

4.2.5.3.4 Zählung der Einschlüsse

Das ausgewählte runde oder quadratische Gesichtsfeld für das Zählen innerhalb des gekennzeichneten Rechtecks wird senkrecht zur gewählten Höhe X innerhalb der Anpassung der Schärfentiefe des Mikroskops wie folgt abgesucht.

Wenn der Prüfling ein Y-Barren mit relativ kleiner Höhe X ist, werden in einer Reihe verschiedene Stellen in der Z-Richtung entlang deren Länge abgesucht (bei seitlicher Beleuchtung, kleinere X-Oberfläche oben). Zu Beginn wird ein Rechteck an einem Ende des nutzbaren Bereiches ausgewählt, und die Zählung erfolgt in