



DLR EEE Bauteilekonferenz Ulm, April 2018



Schwingquarze für Weltraum-Anwendungen - Alternative Lösungen -



Bernd Neubig

**AXTAL CONSULTING
Römerring 9
D-74821 Mosbach**

**www.axtal.com
info@axtal.com
T: +49 (6261) 939834**

Inhalt



- ✘ **Kurzvorstellung AXTAL CONSULTING**
- ✘ **Anforderungen für Schwingquarze im Weltraum**
- ✘ **Schwingquarze nach ECSS3501**
 - Scope von ESCC3501
 - Tests
 - ESCC3501 Qualifizierte Quarze und Hersteller
 - Quarze nach ESCC3501 von nicht ESA-Qualifizierten Herstellern
 - Beschaffungsoptionen
- ✘ **Upscreening von Präzisions-Schwingquarzen**
- ✘ **COTS-Schwingquarze**
- ✘ **Upscreening von (COTS-) Schwingquarzen**



Über AXTAL - Ein Name, zwei Firmen



- ✘ **AXTAL GmbH & Co. KG** wurde 2003 von Bernd & Brigitte Neubig gegründet. Die Fertigungsstätte befindet sich in Mosbach (Baden)
- ✘ Kerngeschäft sind fortgeschrittene Frequency Control Produkte (FCP), hauptsächlich hochstabile rauscharme Quarzoszillatoren und Frequenzmodule (Referenzen, Masterclocks etc.). Keine eigene Quarzfertigung. Start der Space Aktivitäten 2011 und Flight Heritage seit 2014
- ✘ **AXTAL CONSULTING** ist ein unabhängiges Beratungs- und Testhaus für Schwingquarze, Oszillatoren, Filter und Piezosensoren
- ✘ Gemeinsame Nutzung der technischen Infrastruktur und der Expertise von mehr als 40 Jahren Berufserfahrung auf dem Gebiet Schwingquarze

Anforderungen für Schwingquarze im Weltall



✘ Anforderungen abhängig von der Anwendung

- Frequenzgenauigkeit
- Frequenzstabilität über Zeit (Alterung)
- Frequenzstabilität in Abhängigkeit von Umweltbedingungen
 - Mechanische Belastung (Schock, Vibration)
 - Strahlungsbelastung (Cubesat, LEO, MEO, GEO, Extraplanetar)
- Spektrale Reinheit, Rauschen

✘ Genauigkeits-/Stabilitätsklassen

- Präzisionsquarze: Frequenzstabilität im ppb-Bereich (10^{-9}) und besser
 - Oft in Verbindung mit Spektrum- und/oder Rauschforderungen
- Clocks, Taktgeber
 - für Zeitsteuerung: $1 \text{ ppm} = 1 \cdot 10^{-6} = 31.5 \text{ sec /Jahr}$
 - (relativ) zeitunkritisch: typisch 50 ppm ... 100 ppm

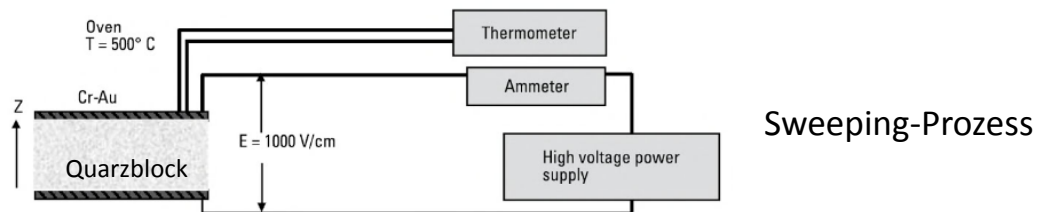
Anforderungen für Schwingquarze im Weltall



✂ Anforderungsabhängige Lösungen

➤ Präzisionsquarze

- Quarzmaterial mit niedriger Ätzkanaldichte, „traditionell“ geswept



➤ Strahlungseffekte:

- Spontane Frequenzänderungen ca. $10^{-11}/\text{rad}$ (unswept), bei Swept-Quarz ca. $10^{-12} \dots 10^{-14}/\text{rad}$
- Reduzierung der Güte = Erhöhung des Resonanzwiderstands im %-Bereich
- Moderne Quarzzucht-Technologien (low etch-channel density) erreichen ähnliche Werte wie Sweeping
- Kaltverschweißte Quarzgehäuse (CW): HC-35/U (TO-5), HC-37/U (TO-8) ...
 - Auch unempfindlich gegen mechanische Belastungen

➤ Clocks, Taktgeber

- Langzeit-, GEO- und extraplanetare Missionen: wie Präzisionsquarze
- zeitkritische Anwendungen: it depends
- Kurze Missionen mit geringer TID und mit >10 ppm-Genauigkeitsanforderung: Swept-Quarze nicht notwendig, kleinere Gehäuse einschl. SMD sinnvoll

Schwingquarze nach ESCC3501



Scope

This specification defines the general requirements for the qualification approval, procurement, including lot acceptance testing, and delivery of Quartz Crystal Units for space applications.

This specification is primarily applicable to the granting of qualification approval to a component in accordance with ESCC Basic Specification No. 20100 and the procurement of such components from qualified Manufacturers.

- **Grundlage für die ESA-Qualifikation von Herstellern und von Schwingquarzen**
- **Grundlage für die Beschaffung und Lieferung auch von nicht ESA-qualifizierten Herstellern**

Schwingquarze nach ESCC3501



✘ Qualifikationsprüfung von Schwingquarzen

The test requirements for qualification approval of a component shall comprise final production tests (see Chart II), burn-in and electrical measurements to testing level 'B' (see Chart III) and qualification testing (see Chart IV).

✘ Beschaffung von Schwingquarzen

The test requirements for procurement of components shall comprise final production tests (Chart II), burn-in and electrical measurements to testing level 'B' or 'C' as required (Chart III) together with, when applicable, a level of lot acceptance testing (see Chart V) to be specified by the Orderer.

Schwingquarze nach ESCC3501



Final Production Test (Chart II)

Production up to encapsulation stage	
Para. 9.1	Internal (Pre-encapsulation) Visual Inspection
Para. 9.18	Encapsulation
Para. 4.4	Marking (plus serialisation for level 'B')
Para. 9.2.1	First Electrical Measurements
Para. 9.3	Shock
Para. 9.6	Pre-burn-in (240 hours) (2)
Paras. 9.5.1 and 9.5.2	Seal Test, Fine and Gross Leak (optional) (1)
Para. 9.2.4	Electrical Measurements at Reference Temperature
Para. 9.2.3	Electrical Measurements at High and Low Temperatures (optional) (1)
Para. 9.9	External Visual Inspection; Sampling AQL 1%, Inspection Level II
Para. 9.10	Dimension Check

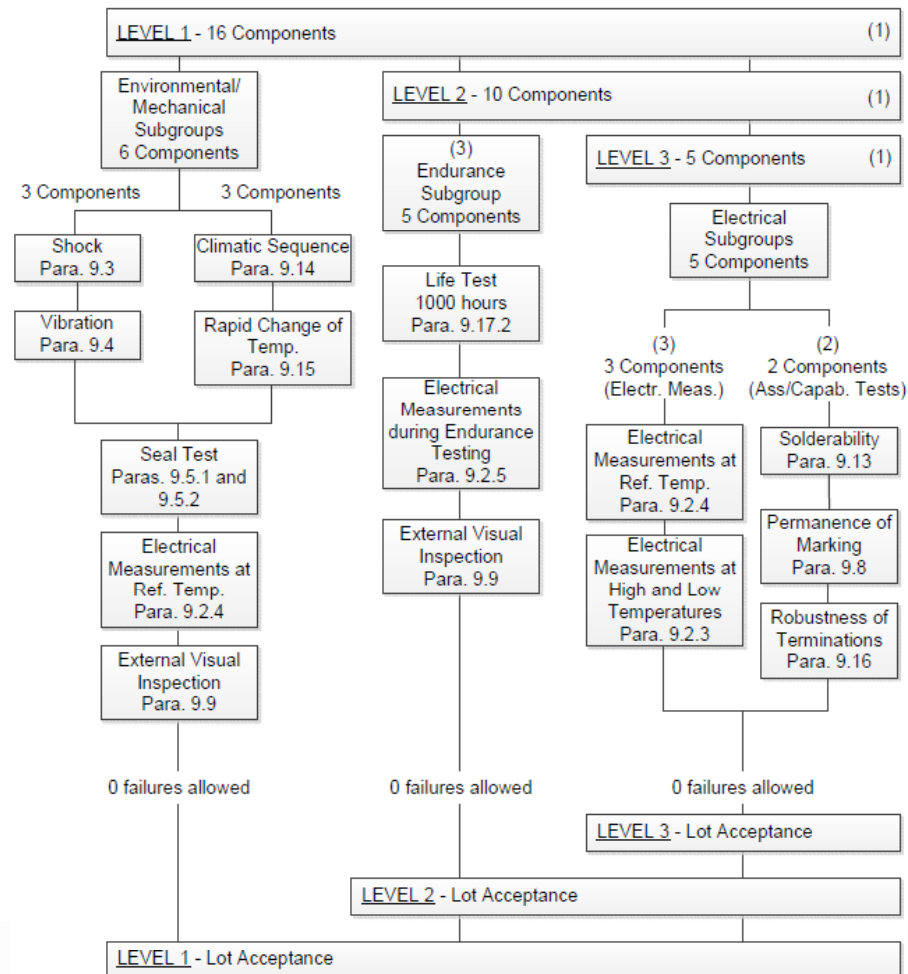
Burn-In & Electrical Measurement (Chart III)

Components from Final Production Tests		Testing Levels	
		B	C
Para. 9.2.2	Parameter Drift Value, Initial Measurements	X	-
Para. 7.1.1	Burn-in 240 hours (Level 'B') 168 hours (Level 'C')	X	X
Para. 9.2.2	Parameter Drift Value, Final Measurements	X	-
Para. 9.2.4	Electrical Measurements at Reference Temperature (1)	X	X
Para. 9.2.3	Electrical Measurements at High and Low Temperatures	X	X
Para. 9.11	Radiographic Inspection (2) (3) (4)	X	-
Paras. 9.5.1 and 9.5.2	Seal Test, Fine and Gross Leak (3)	X	X
Para. 9.9	External visual Inspection	X	X
Para. 7.4	Check for Lot Failure	X	X

Schwingquarze nach ESCC3501



Lot Acceptance Test
(Chart V) - optional

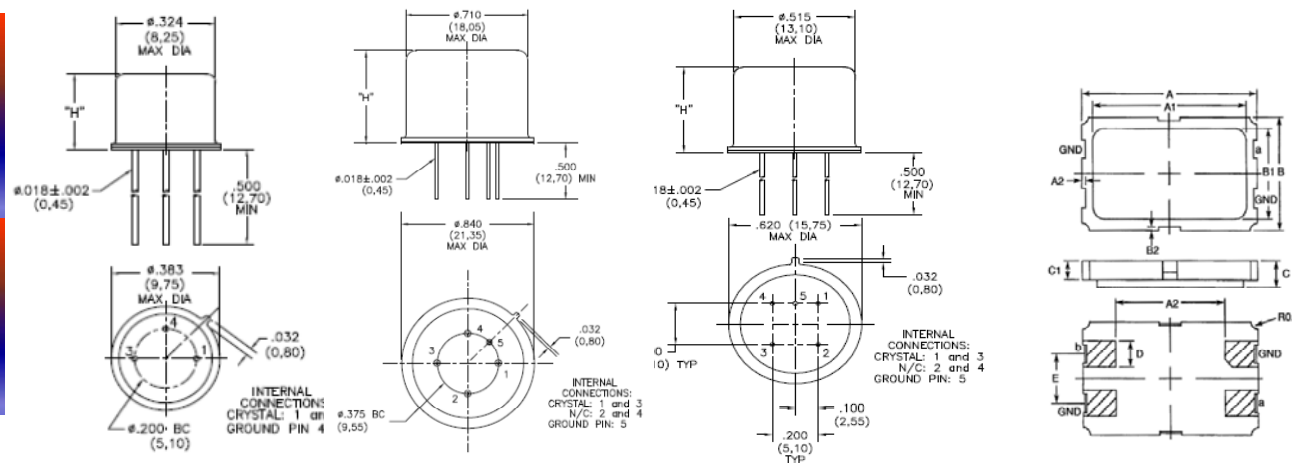


Schwingquarze nach ESCC3501



✘ ESCC3501 Qualifizierte Quarze und Hersteller

- Detail Specifications ESCC3501/xxx
 - bis .../012 obsolete, aktiv .../013, .../018, .../019, .../020 Blank (leere) DS
- Eingeschränkte Zahl von Gehäusevarianten
 - THD: HC-35/U, HC-37/U, HC-40/U, (HC-27/U), SMD: 7 x 5 mm²/4-Pad



- Nur noch ein qualifizierter Hersteller in Europa
 - nur für 2 Gehäusevarianten (HC-35/U, HC-37/U) qualifiziert

Schwingquarze nach ESCC3501



X Quarze nach ESCC3501 von nicht ESA-Qualifizierten Herstellern

- Hersteller sollte Erfahrung (Heritage) mit Weltraum-Anforderungen haben
- Kein Risiko mit Export-Regulierung (ITAR oder EAR)

➤ AXTAL:

- Langjährige enge Zusammenarbeit mit CROVEN CRYSTALS in Kanada
- CROVEN liefert die Quarze für den AXTAL OCXO AXIOM6060 (EPPL-gelistet)
- AXTAL seit 2017 exklusiver Repräsentant von CROVEN für Europa

➤ CROVEN CRYSTALS:

- Gegründet 1954, seit 2006 Teil von Wenzel Associates
- Führender Hersteller von Präzisionsschwingquarzen
- Langjährige Space Heritage (u.a. Mars -Observer, -Pathfinder, -Climate Orbiter, -Polar Lander...)
- Kanada ist ESA-Mitglied
- Keine ITAR Issues
- Audit durch AXTAL in Verbindung mit Precap-Inspektion im Febr. 2017



Schwingquarze nach ESCC3501



Beschaffungsoptionen

- **Lieferung über FA. AXTAL mit CROVEN- Dokumentation**
 - Mit oder ohne LAT
 - Umfang der Dokumentation TBD

- **Optional: Precap-Inspektion nach ESCC2043501 oder Audit im Werk**
 - Durch Kunden-QM, zusammen mit AXTAL
 - Durch AXTAL-Spezialisten

- **Optional: Zusätzliche Tests, Burn-In oder LAT durch AXTAL**
 - Gemäß ESCC3501 oder nach Kundenanforderungen
 - Radiographic Inspection nach ESCC2093501 (extern)
 - Total Dose Test nach ESCC22900

Upscreening von Präzisionsschwingquarzen

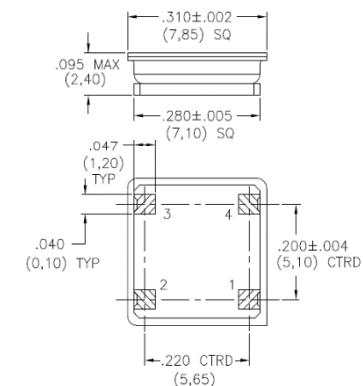


✘ Bezug von CROVEN-Quarzen über AXTAL

- Andere Hersteller auf Anfrage möglich

✘ Andere Gehäuseformen möglich

- kleinere Gehäuse und SMD-Gehäuse



✘ Burn-In Test nach ESCC3501

- Level B oder Level C

➤ Lot Acceptance Test nach ESCC3501

- Level 1, Level 2 und/oder Level 3

➤ Evaluation Test nach ESCC2263501

➤ Durchführung durch AXTAL CONSULTING

- Fast alle Prüfungen In-house, komplette Dokumentation



COTS-Schwingquarze



✘ Beratung bei Herstellerauswahl

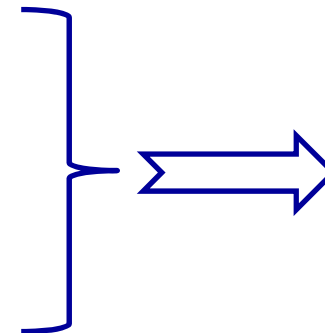
- Langjährige (>40) Erfahrung und Kenntnis des Quarzmarktes
- Anerkannte Hersteller
 - mit Automotive-Zulassung oder
 - Erfahrung im MIL- Bereich
 - Etablierte Prozesskontrolle (SPC) und Teil-Rückverfolgbarkeit
- Keine Distributoren oder Pseudohersteller!

✘ Upscreening nach MIL-PRF-3098

- Level S oder Level B

✘ Upscreening nach MIL-PRF-3098, abgespeckt

- Level „X“



Upscreening von (COTS-) Schwingquarzen



Screening (MIL-PRF3098K)

Test inspection	Level S	Level B	Level X*
Pre-seal visual examination	4.10.2.2	4.10.2.2	4.10.2.2
PIND	4.10.16	N/A	N/A
Thermal frequency repeatability	4.10.15, 10 cycles	N/A	N/A
Frequency and resistance	4.10.6 (@ T_{ref})	4.10.18	4.10.6 (@ T_{ref})
Unwanted Modes	4.9.10	N/A	4.9.10
Shunt capacitance	4.10.7.1	N/A	4.10.7.1
Motional capacitance	4.10.7.2	N/A	4.10.7.2
Quality factor	4.10.8	N/A	4.10.8
Aging	4.10.27.3, 30 days@85°C, $ \Delta f/f \leq 2$ ppm	N/A	N/A
Drive sensitivity (DLD)	4.10.11 $ \Delta f/f \leq 2$ ppm, $\Delta R_1/R_1 \leq \pm 10\%$ or $\leq \pm 3 \Omega$	N/A	4.10.11 $ \Delta f/f \leq 2$ ppm, $\Delta R_1/R_1 \leq \pm 10\%$ or $\leq \pm 3 \Omega$
Vibration	4.10.14, $ \Delta f/f \leq 1$ ppm	N/A	4.10.14, $ \Delta f/f \leq 1$ ppm
Thermal shock	4.10.19.2, $ \Delta f/f \leq 1$ ppm	N/A	4.10.19.2, $ \Delta f/f \leq 1$ ppm
Insulation resistance	4.10.10	N/A	4.10.10
Coupled modes (frequency dips)	4.10.6.2	N/A	4.10.6.2
Frequency and resistance @ T_{ref}	4.10.6 (@ T_{ref})	N/A	4.10.6 (@ T_{ref})
Frequency and resistance vs. temperature	4.10.6.1	N/A	4.10.6.1
Seal	4.10.26	4.10.26	4.10.26
Radiographic inspection (when specified)	MSFC-STD-355 Apdx. M	N/A	N/A
Visual (external) and mechanical inspection	4.10.2.1	4.10.2.1	4.10.2.1

*AXTAL procedure

A satellite view of Earth from space, showing the Americas, Europe, and Africa. The image is centered on the Atlantic Ocean, with North and South America on the left and Europe and Africa on the right. The text is overlaid in the center of the image.

**Danke für ihre
Aufmerksamkeit**

Ihre Fragen...???