

DIN EN 62830-1

ICS 31.080.01

Einsprüche bis 2014-06-18

Entwurf

**Halbleiterbauelemente –
Halbleiterbauelemente für das Energy-Harvesting und die
Energieerzeugung –
Teil 1: Schwingungsbasiertes piezoelektrisches Energy-Harvesting
(IEC 47/2189/CD:2014)**

Semiconductor devices –
Semiconductor devices for energy harvesting and generation –
Part 1: Vibration based piezoelectric energy harvesting
(IEC 47/2189/CD:2014)

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2014-04-18 wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und Stellungnahme vorgelegt.

Weil die beabsichtigte Norm von der vorliegenden Fassung abweichen kann, ist die Anwendung dieses Entwurfes besonders zu vereinbaren.

Stellungnahmen werden erbeten

- vorzugsweise online im Norm-Entwurfs-Portal des DIN unter www.entwuerfe.din.de bzw. für Norm-Entwürfe der DKE auch im Norm-Entwurfs-Portal der DKE unter www.entwuerfe.normenbibliothek.de, sofern dort wiedergegeben;
- oder als Datei per E-Mail an dke@din.de möglichst in Form einer Tabelle. Die Vorlage dieser Tabelle kann im Internet unter www.din.de/stellungnahme oder für Stellungnahmen zu Norm-Entwürfen der DKE unter www.dke.de/stellungnahme abgerufen werden;
- oder in Papierform an die DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik im DIN und VDE (Hausanschrift: Stresemannallee 15, 60596 Frankfurt am Main).

Die Empfänger dieses Norm-Entwurfs werden gebeten, mit ihren Kommentaren jegliche relevanten Patentrechte, die sie kennen, mitzuteilen und unterstützende Dokumentationen zur Verfügung zu stellen.

Gesamtumfang 36 Seiten

DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik im DIN und VDE

Inhalt

	Seite
Nationales Vorwort.....	3
1 Anwendungsbereich.....	4
2 Normative Verweisungen	4
3 Begriffe	4
3.1 Allgemeine Begriffe	4
3.2 Piezoelektrischer Wandler.....	6
3.3 Relevante Kenngrößen.....	7
4 Wesentliche Grenz- und Betriebs-Kenngrößen	9
4.1 Kennzeichnung und Bauart	9
4.2 Grenzwerte und Betriebsbedingungen.....	9
4.3 Zusätzliche Angaben	9
5 Prüfverfahren.....	10
5.1 Allgemeines	10
5.2 Elektrische Charakterisierung	11
5.3 Mechanische Charakterisierung.....	16
Anhang A (informativ) Piezoelektrische Modi.....	19
A.1 d_{33} -Modus.....	19
A.2 d_{31} -Modus.....	19
Literaturhinweise.....	20

Bilder

Bild 1 – Schwingungsbasiertes Energy-Harvesting-Bauelement unter Verwendung eines Cantilevers mit einer piezoelektrischen Schicht.....	5
Bild 2 – Prinzipdarstellung des schwingungsbasierten piezoelektrischen Energy-Harvesters	6
Bild 3 – Ersatzschaltung des schwingungsbasierten piezoelektrischen Energy-Harvesters	8
Bild 4 – Messverfahren für schwingungsbasierte piezoelektrische Energy-Harvester-Bauelemente	11
Bild 5 – Prüfanordnung für die elektrische Charakterisierung schwingungsbasierter piezoelektrischer Energy-Harvester-Bauelements	12
Bild 6 – Frequenzgang von schwingungsbasierten piezoelektrischen Energy-Harvester-Bauelementen	13
Bild 7 – Ausgangsspannung von schwingungsbasierten piezoelektrischen Energy-Harvester-Bauelementen in Abhängigkeit von der externen Last.....	14
Bild 8 – Ausgangsstrom von schwingungsbasierten piezoelektrischen Energy-Harvester-Bauelementen in Abhängigkeit von der Ausgangsspannung.....	14
Bild 9 – Ausgangsleistung von schwingungsbasierten piezoelektrischen Energy-Harvester-Bauelementen bei unterschiedlichen externen Lasten	15
Bild 10 – Ausgangsleistung und Ausgangsspannung von schwingungsbasierten piezoelektrischen Energy-Harvester-Bauelements bei unterschiedlichen Eingangsschwingungen.....	15
Bild 11 – Übertragungsverlauf der Ausgangsspannung von schwingungsbasierten piezoelektrischen Energy-Harvester-Bauelementen in Abhängigkeit von der Schwingungsanregung	16
Bild 12 – Prinzipdarstellung eines Prüfaufbaus zur Ermittlung der Zuverlässigkeit eines schwingungsbasierten piezoelektrischen Energy-Harvester-Bauelements	17
Bild A.1 – Piezoelektrische Modi von Energy-Harvestern auf Basis eines vibrierenden Cantilevers	19

Nationales Vorwort

Das internationale Dokument IEC 47/2189/CD:2014 „Semiconductor devices – Semiconductor devices for energy harvesting and generation – Part 1: Vibration based piezoelectric energy harvesting“ (CD, en: Committee Draft) ist unverändert in diesen Norm-Entwurf übernommen worden. Dieser Norm-Entwurf enthält eine noch nicht autorisierte deutsche Übersetzung.

Um Zweifelsfälle in der Übersetzung auszuschließen, ist die englische Originalfassung des CD entsprechend der diesbezüglich durch die IEC erteilten Erlaubnis beigefügt. Die Nutzungsbedingungen für den deutschen Text des Norm-Entwurfes gelten gleichermaßen auch für den englischen IEC-Text.

Das internationale Dokument wurde vom TC 47 „Semiconductor devices“ der Internationalen Elektrotechnischen Kommission (IEC) erarbeitet und den nationalen Komitees zur Stellungnahme vorgelegt.

Die IEC und das Europäische Komitee für Elektrotechnische Normung (CENELEC) haben vereinbart, dass ein auf IEC-Ebene erarbeiteter Entwurf für eine Internationale Norm zeitgleich (parallel) bei IEC und CENELEC zur Umfrage (CDV-Stadium) und Abstimmung als FDIS (en: Final Draft International Standard) bzw. Schluss-Entwurf für eine Europäische Norm gestellt wird, um eine Beschleunigung und Straffung der Normungsarbeit zu erreichen. Dokumente, die bei CENELEC als Europäische Norm angenommen und ratifiziert werden, sind unverändert als Deutsche Normen zu übernehmen.

Da der Abstimmungszeitraum für einen FDIS bzw. Schluss-Entwurf prEN nur 2 Monate beträgt, und dann keine sachlichen Stellungnahmen mehr abgegeben werden können, sondern nur noch eine „JA/NEIN“-Entscheidung möglich ist, wobei eine „NEIN“-Entscheidung fundiert begründet werden muss, wird bereits der CD als DIN-Norm-Entwurf veröffentlicht, um die Stellungnahmen aus der Öffentlichkeit frühzeitig berücksichtigen zu können.

Für dieses Dokument ist das nationale Arbeitsgremium K 631 „Halbleiterbauelemente“ der DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik im DIN und VDE (www.dke.de) zuständig.

Für den Fall einer undatierten Verweisung im normativen Text (Verweisung auf eine Norm ohne Angabe des Ausgabedatums und ohne Hinweis auf eine Abschnichtsnummer, 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.

Das Original-Dokument enthält Bilder in Farbe, die in der Papierversion in einer Graustufen-Darstellung wiedergegeben werden. Elektronische Versionen dieses Dokuments enthalten die Bilder in der originalen Farbdarstellung.

Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, dass einige Elemente dieses Dokuments Patentrechte berühren können. ISO [und/oder] IEC sind nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren.

Halbleiterbauelemente – Halbleiterbauelemente für das Energy-Harvesting und die Energieerzeugung – Teil 1: Schwingungsbasiertes piezoelektrisches Energy-Harvesting

1 Anwendungsbereich

In dieser Norm sind Begriffe, Symbole, Konfigurationen und Prüfverfahren festgelegt, die verwendet werden können, um die Leistungskenngrößen schwingungsbasierter piezoelektrischer Bauelemente zum Energy-Harvesting zu bestimmen und zu bewerten. In dieser Norm sind die Prüfverfahren und die charakteristischen Kenngrößen für schwingungsbasierte piezoelektrische Energy-Harvesting- Bauelemente festgelegt, um deren Leistungsfähigkeit genau und praktikabel zu bewerten. Diese internationale Norm ist auf Energy-Harvesting-Bauelemente für Anwendungen bei Konsumgütern, allgemeiner Industrie, Militär und Luftfahrt ohne Beschränkungen hinsichtlich der Bauelemente-Technologie und –Größe anwendbar.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden Dokumente, die in diesem Dokument teilweise oder als Ganzes zitiert werden, 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 60749-5, *Semiconductor devices – Mechanical and climatic test methods – Part 5: Steady-state temperature humidity bias life test*

IEC 60749-10, *Semiconductor devices – Mechanical and climatic test methods – Part 10: Mechanical shock*

IEC 60749-12, *Semiconductor devices – Mechanical and climatic test methods – Part 12: Vibration, variable frequency*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Begriffe.

3.1 Allgemeine Begriffe

3.1.1

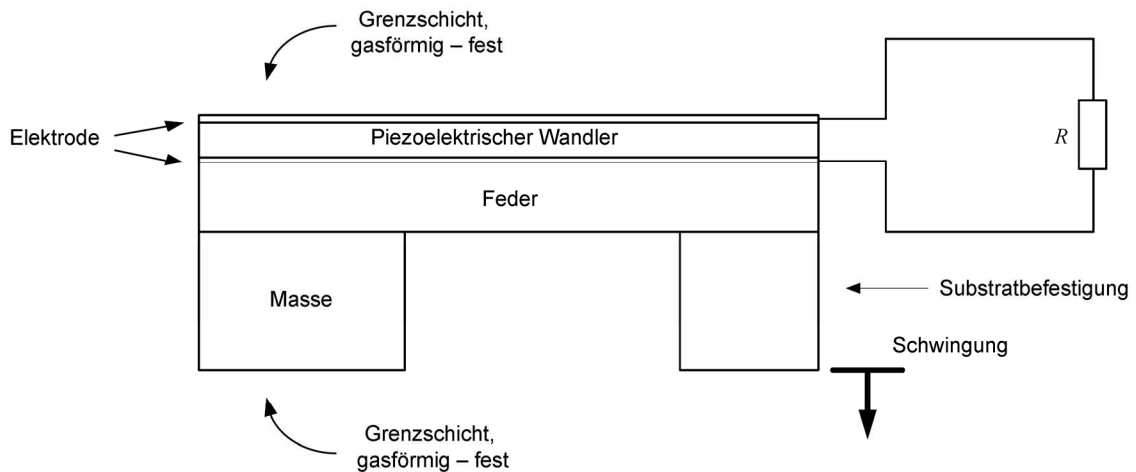
Schwingung

mechanische Schwankung

3.1.2

schwingungsbasiertes Energy-Harvesting-Bauelement

Energiewandler, der Schwingungsenergie in elektrische Energie umwandelt



Legende

Aufbau des Energy-Harvesters

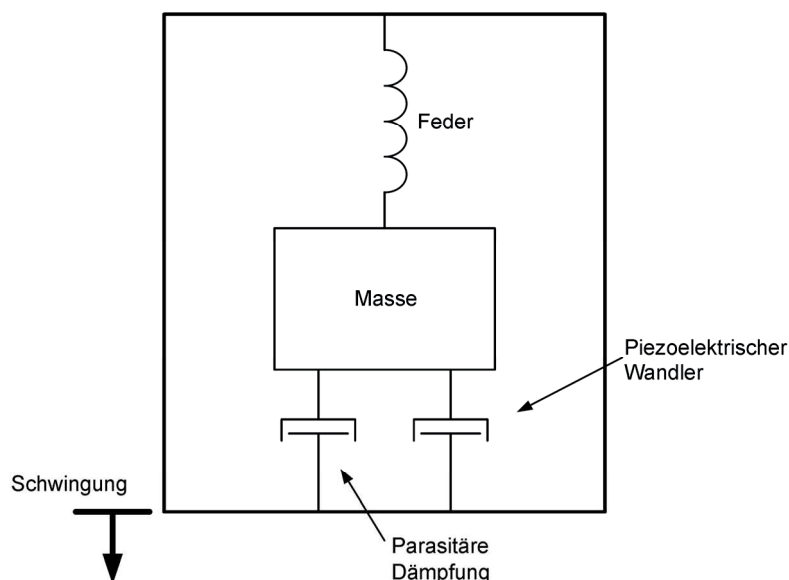
Massestück	Träge Masse, um eine mechanisch gekoppelte Bewegung von der induzierten Schwingung zu erhalten
Feder	Zum Koppeln der induzierten Schwingung in die mit der Feder verbundenen Masse
piezoelektrische Schicht	(Festkörper-)Schicht des piezoelektrischen Wandlers für den Energy-Harvester

Betriebskomponenten des Energy-Harvesters

Schwingung	Mechanisch verursachte Schwankung vom befestigten Substrat, um die Masse des Energy-Harvesters in Schwingung zu versetzen
R	externe Last

ANMERKUNG Ein schwingungsbasiertes Energy-Harvesting-Bauelement zum Wandeln von Schwingung in Elektrizität unter Verwendung eines piezoelektrischen Wandlers besteht aus Trägheitsmasse, Feder und piezoelektrischen Wandler, so wie in Bild 1 dargestellt. Der piezoelektrische Wandler umfasst die beiden Elektroden und die piezoelektrische Schicht. Die induzierte Schwingung erzeugt die hin- und hergehende Bewegung der Masse. Die Feder mit der verbundenen Masse wird gebogen, so dass das Biegen der Feder Zug- und Druckspannungen in der piezoelektrischen Schicht erzeugt. Die Kopf- und Bodenelektroden der piezoelektrischen Schicht akkumulieren (Harvesting) die über den piezoelektrischen Effekt erzeugte Ladung.

Bild 1 – Schwingungsbasiertes Energy-Harvesting-Bauelement unter Verwendung eines Cantilevers mit einer piezoelektrischen Schicht



Legende

Aufbau des Energy-Harvesters

parasitäre Dämpfung Reduzierung der Schwingungsbeschleunigung der Masse

Betriebskomponenten des Energy-Harvesters

Piezoelektrischer Wandler Energiewandlung mithilfe des piezoelektrischen Effektes

ANMERKUNG Ein schwingungsbasiertes Energy-Harvesting-Bauelement wird, wie im Bild 2 gezeigt, dargestellt. Es besteht aus Masse, Feder, Dämpfung und piezoelektrischen Wandler. Der piezoelektrische Wandler verbraucht und wandelt die kinetische Energie der schwingenden Versuchsmasse. Deshalb wird der piezoelektrische Wandler grundsätzlich als dämpfendes System gesehen.

Bild 2 – Prinzipdarstellung des schwingungsbasierten piezoelektrischen Energy-Harvesters

3.1.3

Masse-Feder-Dämpfungssystem

System zum Herleiten der Bewegung des Schwingungs-Energy-Harvesters unter Nutzung von äquivalenter Masse, Feder und Dämpfung

3.1.4

effektive Masse

m

quantitative Maßgröße, die mit der Feder verbunden ist, um kinetische Energie mit Hilfe der induzierten Beschleunigung zu erhalten

3.1.5

Feder

elastisches Objekt zum Speichern der mechanischen Energie entsprechend der Federkonstante k_{sp}

3.1.6

parasitäre Dämpfung

Effekt, der die Beschleunigung des schwingenden Objekts mit dem Dämpfungsfaktor b_m reduziert

3.2 Piezoelektrischer Wandler

3.2.1

piezoelektrischer Wandler

Energiewandler zum Erzeugen elektrischer Energie aus mechanischer Energie mit Hilfe des piezoelektrischen Effekts

3.2.2**piezoelektrischer Effekt**

Effekt, bei dem eine mechanische Verformung des piezoelektrischen Werkstoffs eine proportionale Änderung in der elektrischen Polarisierung des Werkstoffs erzeugt

3.2.3**piezoelektrische Konstante** d

quantitativer Wert der Polarisierung im piezoelektrischen Werkstoff bei der Ausübung einer Beanspruchung

3.2.4**elektromechanischer Koppelkoeffizient** k

Wert, bestimmt durch die Kombination von der elastischen, der dielektrischen und der piezoelektrischen Konstanten, die üblicherweise in den Formeln für piezoelektrische Wandler verwendet werden. Er beschreibt die Wandlungsrate von elektrischer Energie in mechanische Energie und umgekehrt.

$$k = \sqrt{\frac{Ed^2}{\varepsilon}} \quad (1)$$

dabei sind

E , d und ε das Elastizitätsmodul, die piezoelektrische Konstante bzw. die dielektrische Konstante der piezoelektrischen Schicht des Energy-Harvesting-Bauelements.

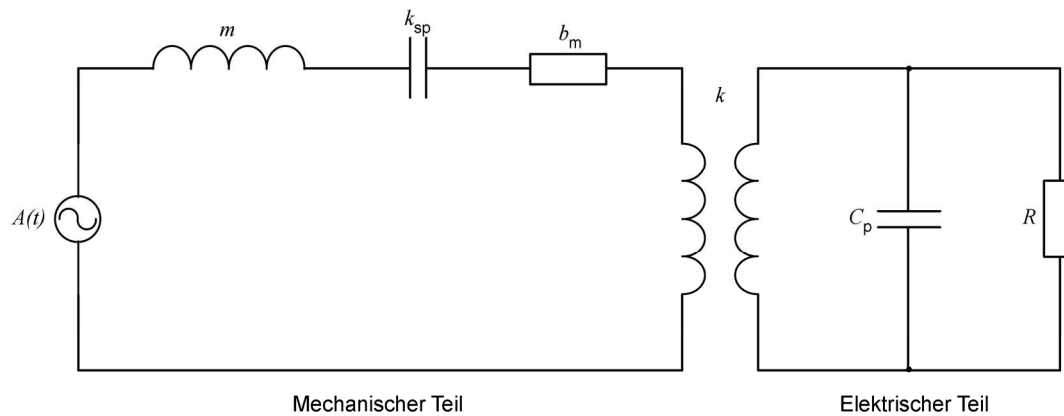
3.2.5**Kapazität** C_p

Kapazität zwischen den Elektroden des piezoelektrischen Wandlers

3.3 Relevante Kenngrößen**3.3.1****Ersatzschaltung (des schwingungsbasierten piezoelektrischen Energy-Harvesters)**

elektrische Schaltung, die die gleiche Ausgangsspannung bei der induzierten Schwingung hat wie der piezoelektrische Schwingungs-Energy-Harvester in unmittelbarer Resonanznähe

ANMERKUNG Schwingungsbasierte piezoelektrische Energy-Harvester können in einen mechanischen und einen elektrischen Bestandteil, so wie in Bild 3 gezeigt, aufgeteilt werden. Der mechanische Teil besteht aus den Reihenelementen m , k_{sp} , b_m und dem Wandler, wobei m , k_{sp} und b_m die effektive Masse, die Federkonstante sowie die Dämpfung darstellen, und dem piezoelektrische Effekt zum Wandeln der induzierten mechanischen Spannung in eine elektrische Ladungsdichte mit dem Koppelkoeffizienten k . Der elektrische Teil besteht aus den parallel geschalteten C_p , R und dem Wandler, dabei sind C_p die Kapazität zwischen den Elektroden des piezoelektrischen Wandlers und R die externe Last.

**Legende****Mechanischer Teil**

m	effektive Masse
k_{sp}	Federkonstante
b_m	Dämpfung
$A(t)$	induzierte Schwingung

Elektrischer Teil

C_p	Kapazität des piezoelektrischen Wandlers
R	externe Last

Bild 3 – Ersatzschaltung des schwingungsbasierten piezoelektrischen Energy-Harvesters**3.3.2****Resonanzfrequenz** f_0

niedrigste Frequenz der induzierten Schwingung des Energy-Harvesters, um die höchste Ausgangsleistung zu erzeugen, wobei sie entsprechend der folgenden Gleichung festgelegt ist

$$f_0 = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k_{sp}}{m}} \quad (2)$$

3.3.3**Bandbreite** BW

Frequenzbereich in dem die Ausgangsleistung größer oder gleich einem festgelegten Wert sein muss

3.3.4**Leerlaufspannung** V

elektrische Potentialdifferenz, die auf einen Referenzknoten des Energy-Harvesters bezogen wird, wenn keine externe Last an den Anschlüssen des Energy-Harvesters angeschlossen ist

3.3.5**Ausgangsleistung** P

elektrische Leistung, die zur externen Last, die an den Energy-Harvester angeschlossen ist, übertragen wird

3.3.6**Ausgangsstrom** I

Strom durch die externe Last, die an den Energy-Harvester angeschlossen ist

3.3.7**optimale Last** R_{opt}

festgelegter Wert der externen Last, bei der die höchste elektrische Energie vom Energy-Harvester übertragen wird

3.3.8**Einschwingdauer**

Dauer, in der die gemessene Ausgangsgröße einen festgelegten Wert im Übertragungsverhalten erreicht

3.3.9**Temperaturbereich**

am Gehäuse gemessener Temperaturbereich innerhalb dessen der Energy-Harvester nicht dauerhaft geschädigt wird, obwohl er innerhalb der festgelegten Toleranzen nicht notwendigerweise funktionsgerecht arbeitet

3.3.10**Eingangsschwingung**

am Gehäuse gemessener Beschleunigungsbereich der induzierten Schwingung auf den Energy-Harvester, innerhalb dessen der Energy-Harvester nicht dauerhaft geschädigt wird, obwohl er innerhalb der festgelegten Toleranzen nicht notwendigerweise funktionsgerecht arbeitet

3.3.11**mittlere Dauer bis zum Ausfall**

Schätzwert der durchschnittlichen oder mittleren Dauer bis zum ersten Ausfall oder Unterbrechung im Betrieb des Energy-Harvesters

4 Wesentliche Grenz- und Betriebs-Kenngrößen**4.1 Kennzeichnung und Bauart**

Der Schwingungs-Energy-Harvester muss eindeutig und haltbar in der unten angegebenen Reihenfolge gekennzeichnet sein:

- a) Jahr und Woche (oder Monat) der Herstellung;
- b) Name des Herstellers oder Warenzeichen;
- c) Anschlusskennzeichnung (optional);
- d) Seriennummer;
- f) Kennzeichnungscode des Fertigungsbetriebes (Fertigungsstätte) (optional).

4.2 Grenzwerte und Betriebsbedingungen

Der Hersteller muss die Betriebsbedingungen und deren Grenzwerte für den Energy-Harvester eindeutig angeben. Der Grenzwert ist die höchste induzierte Schwingung, um den Betrieb des Energy-Harvesters zur Energieerzeugung ohne irgendeine Schädigung sicherzustellen.

Kenngrößen	Symbole	Kleinstwert	Höchstwert	Einheit

4.3 Zusätzliche Angaben

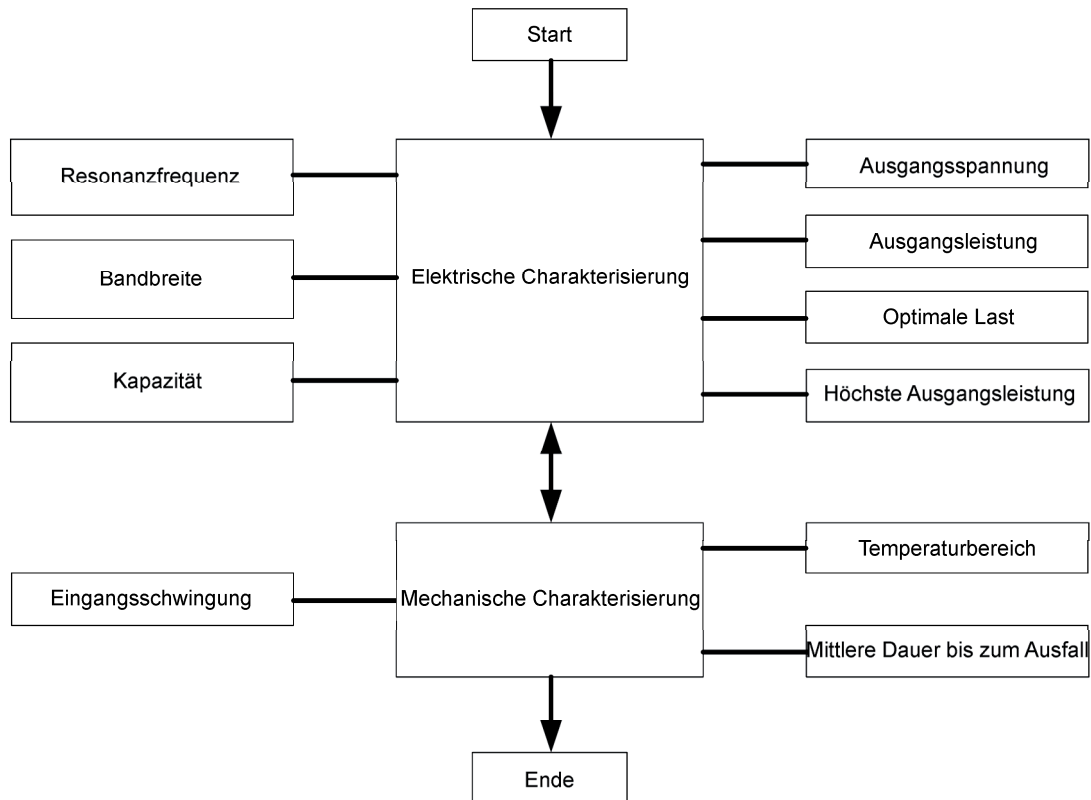
Es sollten einige zusätzliche Informationen angegeben werden wie Ersatzschaltung (z. B. Resonanzfrequenz, Innenimpedanz, Frequenzgang, Ausgangsspannung, Ausgangsleistung usw.), Handhabevorschriften, physikalische Angaben (z. B. Gehäusemaße, Anschlüsse, Zubehörteile, Installationsanleitung, usw.), Gehäuse-daten, PCB-Interface und Montagehinweise sowie andere Angaben usw.

5 Prüfverfahren

5.1 Allgemeines

Grundsätzlich werden die allgemeinen Prüfungen für Schwingungs-Energy-Harvester, so wie in Bild 4 gezeigt, durchgeführt. Nachdem der schwingungsbasierte piezoelektrische Energy-Harvester auf eine Prüffassung montiert wurde, wird er mithilfe von Spannungs-, Strom- und LCR-Messgeräten gemessen. Da die Ausgangsimpedanz von piezoelektrischen Bauelementen im Mikrometerbereich größer ist als die Eingangsimpedanz dieser Messgeräte sollten miniaturisierte oder mikrometergroße Energy-Harvester nicht genau charakterisiert werden. Für ein genaues Messen und Charakterisieren dieser Bauelemente sollten Messgeräte mit extrem hohen Impedanzen verwendet werden.

Bevor der Schwingungs-Energy-Harvester mit der Messfassung verbunden wird, sind die Spannungs-, Strom- und LCR-Messgeräte zu kalibrieren. Nach dem Kalibrieren sind die Messkabel mit dem montierten Schwingungs-Energy-Harvester auf dem Schwingtisch zu verbinden. Das Ablesen der Ausgang-Spannungs- und der Stromwerte auf den Messgerätedisplays ist sorgfältig bei der induzierten Schwingung, die mithilfe des Beschleunigungs-Messgeräts gemessen wird, vorzunehmen.



Legende

Messverfahren	Referenzabschnitt	Messverfahren	Referenzabschnitt
Start		optimale Last	3.3.7 und 5.2.8
elektrische Charakterisierung		höchste Ausgangsleistung	5.2.9
Resonanzfrequenz	3.3.2 und 5.2.3	mechanische Charakterisierung	
Bandbreite	3.3.3 und 5.2.4	Temperaturbereich	5.3.2
Kapazität	3.2.5 und 5.2.2	Eingangsschwingung	3.3.9 und 5.3.1
Ausgangsspannung	3.3.4 und 5.2.5	mittlere Dauer bis zum Ausfall	3.3.10 und 5.3.3
Ausgangsleistung	3.3.5 und 5.2.7		

ANMERKUNG Schwingungsbasierte Energy-Harvester können, wie im Bild 4 gezeigt, gemessen werden. Nach der Montage des Energy-Harvesters auf dem Schwingtisch werden die elektrischen Kenngrößen mithilfe eines Messgerätes oder einer äquivalenten Einrichtung gemessen. Falls die Messungen erfolgreich waren, wird die Zuverlässigkeitsprüfung für den Temperaturbereich mit Temperaturwechselbeanspruchungen und die mechanische Ausfallprüfung bei unterschiedlichen Schwingungen für die kommerzielle Anwendung durchgeführt.

Bild 4 – Messverfahren für schwingungsbasierte piezoelektrische Energy-Harvester-Baelemente

5.2 Elektrische Charakterisierung

5.2.1 Prüfdurchführung

Im Bild 5 wird eine Prüfanordnung zur elektrischen Charakterisierung von schwingungsbasierten piezoelektrischen Energy-Harvester-Baelementen dargestellt. Um die elektrischen Kenngrößen des schwingungsbasierten piezoelektrischen Energy-Harvester-Baelements zu messen, muss das Baelement auf einen Schwingtisch, so wie in Bild 5 gezeigt, montiert werden. Wenn eine stetige Schwingung mit festgelegter Beschleunigung auf das Baelement ausgeübt wird, wird eine Ausgangsspannung oder ein Ausgangsstrom an der externen Last gemessen.