

Integrierte Hybrid- und Schichtschaltungen

Teil 4: Kundenangaben, Prüfablaufpläne für die Produkt-
bewertung und Vordrucke für die Bauartspezifikationen
Deutsche Fassung EN 165000-4 : 1996

DIN**EN 165000-4**

ICS 31.200

Deskriptoren: Integrierte Hybridschaltung, integrierte Schichtschaltung, Produkt-
bewertung, Prüfablaufplan, Bauartspezifikation

Film and hybrid integrated circuits – Part 4: Customer information, product
assessment level schedules and blank detail specifications;

German version EN 165000-4 : 1996

Circuits intégrés hybride et à couches –

Partie 4:

Version allemande EN 165000-4 : 1996

**Die Europäische Norm EN 165000-4 : 1996 hat den Status einer
Deutschen Norm.**

Nationales Vorwort

Zuständig für diese Europäische Norm ist in Deutschland das Unterkomitee UK 631.3 "Integrierte Halbleiterschaltungen (monolithisch und hybrid)" der Deutschen Elektrotechnischen Kommission im DIN und VDE (DKE).

Fortsetzung 42 Seiten EN

Deutsche Elektrotechnische Kommission im DIN und VDE (DKE)

DK 31.200

Deskriptoren: Qualität, Fachgrundspezifikation, Hybrid integrierte Schichtschaltungen

Deutsche Fassung

Integrierte Hybrid- und Schichtschaltungen
Teil 4: Kundenangaben, Prüfablaufpläne für die Produktbewertung
und Vordrucke für die Bauartspezifikationen

Film and hybrid integrated circuits
Part 4: Customer information, product
assessment level schedules and blank detail
specifications

Diese Europäische Norm wurde von CENELEC am 05.03.1996 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, Dänemark, Deutschland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Luxemburg, Niederlande, Norwegen, Österreich, Portugal, Schweden, Schweiz, Spanien und dem Vereinigten Königreich.

CENELEC

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

Zentralsekretariat: rue de Stassart 35, B - 1050 Brüssel

Vorwort

Diese Europäische Norm wurde von CENELEC/TC CECC/SC 47AX (früher CECC/WG 21) Integrierte Hybrid- und Schichtschaltungen ausgearbeitet.

Der Entwurf wurde dem einstufigen Annahmeverfahren unterworfen und durch CENELEC am 05.03.1996 als EN 165000-4 angenommen.

Nachstehende Daten wurden festgelegt:

- | | | | |
|---|---|-------|------------|
| - | spätestes Datum der Veröffentlichung einer identischen nationalen Norm | (dop) | 01.03.1997 |
| - | spätestes Datum für die Zurückziehung entgegenstehender nationaler Normen | (dow) | 01.03.1997 |

Diese Norm, EN 165000-4, Integrierte Hybrid- und Schichtschaltungen - Teil 4: Kundenangaben, Prüfablaufpläne für die Produktbewertung und Vordrucke für die Bauartspezifikationen, sollte in Verbindung mit den folgenden anderen Teilen der EN 165000 angewandt werden:

- | | |
|---------|---|
| Teil 1: | Fachgrundspezifikation - Verfahren für die Befähigunganerkennung |
| Teil 2: | Innere Sichtkontrolle und spezielle Prüfungen |
| Teil 3: | Selbst-Auditierungs Checkliste und Bericht für Hersteller von Integrierten Schicht- und Hybridschaltungen |

Teil 3 ist im wesentlichen zur Anwendung für den Hersteller gedacht und ist in dieser Form für den Kunden nicht erforderlich.

Teil 4 ist im wesentlichen für alle Anwender gedacht. Er richtet sich an potentielle Kunden und beinhaltet nützliche Erklärungen der zugrundeliegenden Philosophie der gesamten Norm.

Inhalt

1	Einführung	4
1.1	Wie EN 165000 anzuwenden ist	4
1.2	Kunden-/herstellerverbindung	4
1.3	Die Prüfablaufpläne für die Produktbewertung (PALS)	5
1.3.1	Ableitung der Prüfablaufpläne für die Produktbewertung	5
1.3.2	Kennzeichnung der Anwendung für die PALS's	5
Tabelle 1 Prüfablaufpläne für die Produktbewertung für Löt- oder Chip- und Draht-Ausstattung (nicht-hermetisch)		7
Tabelle 2 Prüfablaufpläne für die Produktbewertung bei Chip- und Draht-Ausstattung (hermetisch)		8
1.4	Prüfungsanforderungen der PALSs und deren Anwendbarkeit auf Anwendungen aus dem "richtigen Leben"	9
1.4.1	Die Herkunft der Untersuchungsanforderungen	9
1.4.2	Elektrische Prüfungen	9
1.4.3	Weitere Sortierprüfungen	10
1.4.4	Bauelemente-Stichprobenprüfung	11
1.4.5	Entwurfsbeurteilungsprüfung	12
1.4.6	AQLs, Prüfniveau und Stichprobenpläne	13
2	Prüfablaufplan für die Produktbewertung	14
3	Anforderungen an den Vordruck für Bauartspezifikation [BDS]	29
Deckblatt für Standard-Katalogschaltungen		30
Deckblatt für Kundensaltungen		31
Hauptabschnitt 1 - Allgemeine Daten		32
Hauptabschnitt 2 - Kontrollanforderungen		33
Beispiel für eine Kunden-Bauartspezifikation [CDS]		34

1 Einführung

1.1 Wie EN 165000 anzuwenden ist

Diese Spezifikation ist Teil des CECC-Qualitätsbewertungssystems, das Vereinbarungen für die Spezifikation, Befähigungsanerkennung, Beurteilung und Auslieferung von Integrierten Hybridschaltungen mit bewerteter Qualität, enthält. Dieses ausführliche Schema ist wesentlich effektiver, als individuelle Normen, die dem anerkannten Hersteller gestatten, nach gleichbleibenden, definierten Anforderungen zu arbeiten und gibt dem Kunden eine klare Einsicht in genau das, was Bauelementequalität erhält. Da Hybridschaltungen in einer Vielfalt von Anwendungen eingesetzt werden, ist es für den Kunden wichtig, die Möglichkeit zu haben einen Hersteller auszuwählen, der nach seinen Ansprüchen liefern kann. EN 165000 wurde entworfen, um einen weiten Anwendungsbereich abzudecken (solche wie Kraftfahrzeugtechnik, Militär, Raumfahrt, Fernmeldetechnik, professionelle Anwendungen).

Um die Anerkennung nach EN 165000 zu erhalten, muß der Hersteller

- den Anforderungen der EN 29001 oder EN 29002 entsprechen
- eine Auditierung durchführen und den detaillierten technischen Fertigungsanforderungen der Checkliste, die in EN 165000-3 angegeben ist, entsprechen
- ein repräsentatives Produkt nach den Anforderungen eines Prüfablaufplanes für die Produktbewertung (PALs), wie im Anhang beschrieben, prüfen.

Nach Abschluß der Anerkennung kann der Hersteller Kundensaltungen für diese spezielle Technologie nach einem PAL, für den er anerkannt ist, ausliefern.

1.2 Kunden-/herstellerverbindung

Ein Kunde muß sich über die verschiedenen Hersteller-/Kundenverbindungen im Klaren sein, wenn er mit einem potentiellen Hybridschaltungs-Lieferanten, der nach der EN 165000 ausliefert, in Verhandlungen tritt. In der Entwurfs- und Aussehensphase müssen die beiden Parteien miteinander vereinbaren, ob der Hersteller für den gesamten Entwurf im Hinblick auf elektrische, mechanische und Umweltbedingungen, verantwortlich ist, und ob der Kunde das Aussehen bestimmen darf. In diesem letzten Fall muß der Hersteller sicherstellen, daß das Aussehen mit den Entwurfsregeln übereinstimmt. Obwohl die Prüfungsanforderungen für jeden PALs klar definiert sind, haben der Kunde und der Hersteller die Verantwortung sicherzustellen, daß die Kunden-Bauartspezifikation die Anforderungen des Kunden klar widerspiegelt, ohne die Befähigung des Herstellers zu übersteigen. Vor allem muß jede Prüfung oder Prüffolge, die eine Wahl erlaubt, diese Wahl vereinbart und dokumentiert haben. Die Kunden-Bauartspezifikation verlangt, daß die physikalischen Maße der Hybridschaltungen angegeben werden. Einige dieser Maße sind für Austauschbarkeitsanforderungen notwendig. Dies muß vereinbart und toleriert werden, bis der Hersteller die fertigen Produkte nach diesen Anforderungen untersuchen wird.

Die Kunden-Bauartspezifikation verlangt ebenso Angaben über die Anforderungen und den Entwurf der Schaltung, Bedingungen unter denen sie verwendet werden kann und Belastungsangaben; all dies muß zwischen Kunde und Hersteller vereinbart sein. Weitere gemeinsam vereinbarte Angaben in der Kunden-Bauartspezifikation können Schaltungsdarstellungen, Kurven, Zeichnungen und erläuternde Anmerkungen sein.

Elektrische Prüfungen benötigen sehr bedachte Vorschriften und Vereinbarungen zwischen Kunde und Hersteller. Dies verringert unkorrekte Prüfung, Prüfungen, die die Schaltung zerstören, unterlassene Prüfungen und überflüssige Prüfungen. Die PALs beziehen sich auf "solche Prüfungen, die Schaltungsfunktionalität festlegen" und Sonstige. Die Prüfungen, die Schaltungsfunktionalität festlegen, sind jene, die beweisen, daß das Bauelement seine Hauptfunktion erfüllt. Diese Prüfungen streben an, ein Teil der Sortierprüfung (Screening) zu sein und werden ebenfalls als Nachprüfungs-Endpunkte verwendet. Der Rest ist eher nebensächlich und wird entweder aus Gründen für Prüfungskosten oder wegen erkennbaren Mangels an Wichtigkeit, auf Stichprobenbasis durchgeführt. Kunde und Hersteller müssen sich darüber einig sein, welche elektrischen Prüfungen erforderlich sind und welche gedacht sind um "Schaltungsfunktionalität festzulegen". Wo Prüfung bei $T_{\min}$ und $T_{\max}$ durchgeführt werden oder wo Burn-in und elektrische Dauerbeanspruchung von Bedeutung sind, müssen sich der Hersteller und der Kunde darüber im Klaren sein, daß manche Bauelemente während des Betriebs Wärme abstrahlen, und damit kann die Sperrschichttemperatur wesentlich höher als die Umgebungstemperatur sein. Die Überwachung und Definition der Temperatur und ihres Bezugspunktes (z. B. T_{amb} , T_{case}) können Probleme verursachen und müssen von Hersteller und Kunde diskutiert werden, bevor die Bauartspezifikation vereinbart wird.

Weitere Vereinbarungen sollten über Prüfung und strukturelle Ähnlichkeits-Vereinbarungen erreicht werden. Wo strukturelle Ähnlichkeit vorhanden ist, können Entwurfs-Beurteilungsprüfungen unterlassen werden, solange der Hersteller schon seine Bewertung an seiner erste Annerkennungsstufe demonstriert hat. Solche Unterlassungen können nur dann erlaubt sein, wenn beide, Kunde und Hersteller, sich über die Richtigkeit einer solchen Entscheidung einig sind.

Für die erste Auslieferung muß die Kunden-Schaltung im Hinblick auf alle Aspekte der PALs geprüft sein (Bauelemente-Sortierprüfung, Bauelemente-Stichprobenprüfung und Entwurfsbeurteilung), genauso wie alle anderen Anforderungen, die gemeinsam zwischen Hersteller und Kunde vereinbart wurden. Für spätere Lieferun-

gen müssen die Schaltungen nach den Anforderungen der Bauelemente-Sortierprüfungen, Bauelemente-Stichprobenprüfung und jenen Prüfungen über Entwurfsbeurteilungen, die gemeinsam vereinbart wurden, geprüft werden. Die Schaltungen dürfen alle, einige oder mehrere Entwurfs-Beurteilungsprüfungen enthalten, die nach jedem gemeinsam vereinbarten Stichprobenplan durchgeführt werden, zusammen mit jeder anderen vereinbarten Prüfung. Zusätzlich zu den in den PALS festgelegten Prüfungen verändern die Auslieferung der Nummer des Prüfablaufplans für die Produktbewertung nicht. Die vollständigen Anforderungen sind zwischen Kunde und Hersteller vereinbart und in der Kunden-Bauartspezifikation dokumentiert.

1.3 Die Prüfablaufpläne für die Produktbewertung (PALS)

1.3.1 Ableitung der Prüfablaufpläne für die Produktbewertung

Jeder Hybridschaltungshersteller spezialisiert sich in einer Anzahl von Technologien in Bezug auf Substrattypen, Metallisierung, Verfahren zur Befestigung und Umhüllung von add-on Bauelementen. Abhängig von dem Markt, für den dieses Produkt entworfen wurde (hohes Volumen, hohe Zuverlässigkeit, Militär, Verbraucher etc.) wird der Hersteller eine Anzahl von Prüfungen, die zu 100 % angenommen werden können und auf einer Stichproben-Grundlage verwendet werden oder nur einmal rein in Bezug auf die Entwurfsbeurteilung durchgeführt werden, anbieten. Diese Varianten dürfen als Serie von Ablaufplänen für die Produktbewertung klassifiziert werden. Tabelle 1 zeigt 5 PALSs, die auf aufgelöteten oder Chip- oder Draht-Bauelementen basieren, die entweder nicht eingeschlossen oder nicht hermetisch eingeschlossen sind. Man kann erkennen, daß mit sinkender Nummer des PALSs auch die Menge der Prüfungen, die an der Hybridschaltung durchgeführt werden, abnimmt. Ähnliches zeigt Tabelle 2 mit 6 PALSs, die auf hermetischem Abschluß basieren. Nocheinmal nimmt die Menge der Prüfungen mit der Nummer des PALSs ab.

Ein Hersteller, der eine Bewertung nach einem PALS abgeschlossen hat, kann Produkte mit der gleichen Technologie an Kunden ausliefern. Ein Hersteller, der nach einem PALS anerkannt ist, darf diesen PALS anbieten oder einen niedrigeren in der selben Technologiereihe.

Kunden, die Hybridschaltungen beziehen, dürfen diese für eine große Anwendungsvielfalt fordern. Sie können für militärische oder Raumfahrtanwendungen, medizinische oder Sicherheitsanwendungen, Fernmeldewesen, Kraftfahrzeug, professionelle Anwendungen oder Verbraucher sein. Jede dieser Anwendungen wird durch eine Vielfalt von Anforderungen, wie Kosten, Qualität, Zuverlässigkeit, Widerstandsfähigkeit gegen extreme Temperaturen, mechanische oder feuchte Umgebungen etc, bestimmt. Durch Betrachtung des PALS, wie in Tabelle 1 und Tabelle 2 gezeigt, hat der Kunde die Möglichkeit sich den PALS herauszusuchen, der seinen Anforderungen am ehesten entspricht und ist somit auch in der Lage sich einen Hersteller herauszusuchen, der nach diesem speziellen PALS ausliefern kann. Wo dort eine Anforderung für Prüfungen, die über die durch den speziellen PALS festgesetzte Prüfung hinausgeht besteht, müssen sich Kunde und Hersteller darüber einig sein. Die Auslieferung erfolgt jedoch weiterhin nach diesem PALS.

In den folgenden Anwendungen können die 11 PALSs, nach denen ein Hersteller ausliefern kann, rein als Leitfaden verwendet werden.

1.3.2 Kennzeichnung der Anwendung für die PALS's

Jeder der PALS wird durch eine unterschiedliche Bewertungsstufe, aber nicht unbedingt durch eine unterschiedliche Anwendungsstufe charakterisiert. Ein Bauelement, das nach PALS 1 oder PALS 2 hergestellt wurde, wurde nicht für die Widerstandsfähigkeit gegen Beschleunigung geprüft, trotzdem kann es die Prüfung gut bestehen. Der Unterschied zwischen dem gleichen Bauelement, das nach PALS 1 hergestellt wurde und einem identischen Bauelement, das nach PALS 4 oder PALS 5 geprüft wurde ist der, daß im letzteren Fall die Übereinstimmungsfähigkeit, unter anderen Anforderungen, Beschleunigung demonstriert wird und, entscheidend, dafür gezahlt wird.

Eine in Verbraucheranwendungen verwendete Hybridschaltung, wie Spielsachen oder Audio-Visuelle Anwendungen müssen günstig sein und haben folglich weniger Prüfungen bestanden. Eine Gesamtqualität des Produktes ist trotzdem als Ergebnis von verbesserten Fertigungsanforderungen, die mit dem Audit nach der Checkliste aus EN 165000-3, übereinstimmt, impliziert worden. Es ist unmöglich einen sicheren Leitfaden, der nach dem PALS für bestimmte Anwendungen gefordert wird, zu geben, außer um zu informieren, daß die Beschaffungskosten von PALS 1 bis PALS 5 (die im wesentlichen aufgelötete Bauelemente ohne hermetischen Einschluß sind) und von PALS 6 bis zu PALS 11 (die hermetische Bauelemente mit Hohlraum sind, wahrscheinlich bloße Chips enthalten) ansteigen.

PALS 1 enthält keine mechanischen, thermischen oder klimatischen Prüfungen und ist folglich für milde mechanische Bedingungen und Temperaturbedingungen gedacht. Es ist der am einfachsten durchzuführende Prüfablaufplan und dies würde wahrscheinlich für Handels- oder Verbraucheranwendungen am geeignetsten sein.

PALS 2 ist identisch, außer daß die Entwurfsbeurteilung elektrische Dauerbeanspruchung, die 1000 h durchzuführen ist, fordert, wodurch sich einiges an Vertrauen in die Lebensdauer des Bauelements ergibt. Die Anwendungen sind ähnlich denen, die für PALS 1 vorgeschlagen wurden.

PALS 3 enthält Prüfungen mit Feuchter Wärme, Temperaturwechsel und Messungen der erforderlichen elektrischen Kenngrößen bei $T_{\min}$ und $T_{\max}$. Es demonstriert folglich Befähigung, um extremen Temperaturen und extremer Luftfeuchte zu widerstehen, aber nur für eine einfache mechanische Beanspruchung. Es ist für bestimmte Fernmeldeanwendungen und auf Computern basierenden Anwendungen sowie für Anordnungen der Händler und Verbraucher geeignet.

PALS 4 enthält Burn-in und elektrische Dauerbeanspruchung bis zu 2000 h, während zusätzlichen Beschleunigungs- und Schock- und/oder Schwingungsprüfungen durchgeführt werden. Für diese Art von Baunorm gibt PALS 4 eine gute Bewertung der Befähigung des Bauelements harten mechanischen und klimatischen Beanspruchungen standzuhalten, wie auch die Entfernung von frühen Ausfällen. Diese Stufe der Prüfung macht das Bauelement für jene Anwendungen, die für PALS 3 gekennzeichnet sind, geeignet und für Kraftfahrzeuganwendungen und für bestimmte unkritische militärische Anwendungen möglich.

PALS 5 gibt die höchste Sicherheitsstufe für diese Hybridschaltungs-Baunorm, einschließlich Beschleunigung in den Sortierfolgen und eine Begrenzung der Prozentzahl von Ausfällen (PDA), die während der Sortierprüfung erlaubt sind an. Seine Anwendungen sind denen, die in PALS 4 angegeben sind, gleich.

PALS 6 ist für unkritische Anwendungen gedacht, aber trotzdem beinhaltet er elektrische Dauerbeanspruchungsprüfungen und Bewertung bei extremen Temperaturen. Er kann für Verbraucher oder Handelsanforderungen, bei der ein hermetischer Abschluß wichtig ist, oder vielleicht für fernmeldetechnische oder Computer-Anforderungen, bei denen der Nachweis der Lebensdauer nicht gefordert wird verwendet werden.

PALS 7 kann für Anwendungen verwendet werden, die ähnlich denen aus PALS 6 sind, aber Burn-in und PDA beinhalten, wodurch ein höheres Vertrauen in Sortierprüfungen und ein wenig mehr Anwendbarkeit auf fernmeldetechnische und Computer-Verwendung erreicht wird.

PALS 8 beinhalten Alterung in der Sortierfolge, Schocken und/oder Schwingen in der Entwurfsbeurteilung und eine strengere PDA. Er gibt Zuversicht, daß das Bauelement harte Bedingungen und mechanische Bedingungen aushalten kann und kann für bestimmte militärische Anwendungen verwendet werden.

PALS 9 enthält PIND-Prüfungen, Dauerbeanspruchung bis 2000 h und Restgasanalysen. Diese Stufe der Prüfung und Sortierprüfung (PDA 5 %) wird im allgemeinen nur verwendet, wo eine sehr hohe Bewertungsstufe und Zuverlässigkeitsstufe gefordert wird. Ein Beispiel hierfür ist die Anwendung in militärischen Systemen.

PALS 10 übersteigt die Anforderungen aus PALS 9, durch die zusätzlichen Prüfungen mit Feuchter Wärme sowie mit Schock- und Schwingungen, während dem Stichprobenverfahren. Anders als die Verwendung in Raumfahrtanwendungen, stellt dieser Prüfablaufplan die höchste Stufe von Qualität und Zuverlässigkeit dar.

PALS 11 beinhaltet Strahlungsstärkebewertung und Röntgendurchleuchtung. Prüfungen nach diesem Prüfablaufplan sind teuer und werden nur für Raumfahrtanwendungen empfohlen.

**Tabelle 1: Prüfablaufpläne für die Produktbewertung für Löt- oder Chip- und Draht-Ausstattung
(nicht-hermetisch)**

Prüfung	PAL 1	PAL 2	PAL 3	PAL 4	PAL 5
Bauelemente-Sortierprüfung (100 %)					
Elektrische Prüfung @ T_{amb}	*	*	*	*	*
Temperaturwechsel (10 Zyklen)			*	*	*
Beschleunigung (5000 g_n)					*
Burn-in 160 h				*	*
PDA (%)				10	10
Elektrische Prüfung @ T_{max} , T_{min} , T_{amb}				*	*
Äußere Sichtkontrolle				*	*
Bauelemente Stichprobenprüfung (IL = S4, AQL = 0,4 %)					
Elektrische Prüfung @ T_{amb}	*	*	*	*	*
Äußere Sichtkontrolle	*	*	*		
Elektrische Prüfung @ T_{min} , T_{max}			*		
Entwurfsbeurteilung					
Kleinste Stichprobengröße (bei 0 Ausfällen angenommen)	8	8	8	8	8
Maße	*	*	*	*	*
Elektrische Prüfung @ T_{min} , T_{max}	*	*			
Dauerbeanspruchung 1000 h		*	*	*	*
Dauerbeanspruchung 2000 h				*	*
Feuchte Wärme, zyklisch/konstant			*	*	*
Temperaturwechsel			*	*	*
Kleinste Stichprobengröße (bei 0 Ausfällen angenommen)	3	3	3	5	5
Lötwärmebeständigkeit	*	*	*	*	*
Lötbarkeit	*	*	*	*	*
Reinigungsmittelbeständigkeit	*	*	*	*	*
Beschleunigung				*	*
Schocken und/oder Schwingen				*	*
Kleinste Stichprobengröße (bei 0 Ausfällen angenommen)	3	3	3	3	3
Widerstandsfähigkeit der Anschlüsse	*	*	*	*	*
Entflammbarkeit, falls zutreffend	*	*	*	*	*

Tabelle 2: Prüfablaufpläne für die Produktbewertung bei Chip- und Draht-Ausstattung (hermetisch)

Prüfung	PAL 6	PAL 7	PAL 8	PAL 9	PAL 10	PAL 11
Bauelemente-Sortierprüfung (100 %)						
Elektrische Prüfung @ T_{amb}	*	*	*	*	*	*
Temperaturwechsel (10 Zyklen)	*	*	*	*	*	*
Beschleunigung (5000 g_n)			*	*	*	*
Burn-in 160 h		*	*	*	*	*
PDA (%)		10	7	5	5	5
Dichtheit (fein und grob)	*	*	*	*	*	*
Äußere Sichtkontrolle	*	*	*	*	*	*
Elektrische Prüfung @ T_{max} , T_{min} , T_{amb}			*	*	*	*
PIND				*	*	*
Feuchte Wärme (500 h)					*	*
Röntgendurchleuchtung						*
Bauelemente Stichprobenprüfung (IL = S4, AQL = 0,4 %)						
Elektrische Prüfung @ T_{amb}	*	*	*			
Elektrische Prüfung @ T_{max} , T_{min} , T_{amb}	*	*		*	*	*
Dauerbeanspruchung 1000 h				*	*	*
Dauerbeanspruchung 2000 h				*	*	*
Schocken					*	*
Schwingen					*	*
Entwurfsbeurteilung						
Kleinste Stichprobengröße (bei 0 Ausfällen angenommen)	8	8	8	8	13	8
Maße	*	*	*	*	*	*
Beschleunigung				*	*	*
Dauerbeanspruchung 1000 h	*	*	*	*	*	*
Dauerbeanspruchung 2000 h			*	*	*	*
Dauerbeanspruchung 8000 h						*
Schocken und/oder Schwingen			*	*		
Kleinste Stichprobengröße (bei 0 Ausfällen angenommen)	3	3	3	5	5	5
Lötwärmebeständigkeit	*	*	*	*	*	*
Lötbarkeit	*	*	*	*	*	*
Reinigungsmittelbeständigkeit	*	*	*	*	*	*
Feuchte Wärme konstant/Salznebel	*	*	*	*	*	*
Strahlungsstärkebewertung						*
Kleinste Stichprobengröße (bei 0 Ausfällen angenommen)	3	3	3	3	3	3
Widerstandsfähigkeit der Anschlüsse	*	*	*	*	*	*
Innerer Feuchtigkeitsgehalt				*	*	*

1.4 Prüfungsanforderungen der PALSS und deren Anwendbarkeit auf Anwendungen aus dem "richtigen Leben"

1.4.1 Die Herkunft der Untersuchungsanforderungen

Die Prüfungsverfahren, die in den Untersuchungsanforderungen der PALSS gegeben sind, wurden weitestgehend von Nationalen Normen für diskrete Transistoren und integrierte Schaltungen übernommen. Dennoch kann eine Hybrid-Schichtschaltung viele verschiedene add-on-Bauelemente enthalten und wesentlich voluminöser sein, als die Bauelemente, die durch frühere Normen beschrieben wurden. Die Prüfverfahren bedurften kleinen Abänderungen, um die Technologieveränderungen, die von den Hybridschaltungen herrühren, zu umfassen.

Die Herkunft der Untersuchungsanforderungen für Prüfverfahren, können zu den Hauptgründen für Produktprüfung zurückgeführt werden. Der wahrscheinlich wesentlichste Punkt ist die Aufdeckung von Schwächen, potentielle oder andere, vor der Auslieferung. Die PALSS unterteilen Untersuchungsanforderungen in Sortierprüfung, Stichprobenprüfung und Entwurfsbeurteilung.

Sortierprüfungen werden an jedem Bauelement aus jedem Los durchgeführt. Sie stellen elektrische, mechanische oder kurzfristige Dauerbeanspruchungsprüfungen, die der Bewertung der prinzipiellen Eigenschaften eines Bauelements dienen und ob es befähigt ist, die wesentlichen Anforderungen zu erfüllen, dar.

Stichprobenprüfungen (die durch elektrische, mittellange Dauerbeanspruchungen oder mechanische Beanspruchungen, wie Schocken oder Schwingen, erfolgen) werden an jedem Los durchgeführt, aber nur eine repräsentative Stichprobe wird kontrolliert. Diese Prüfungen sind im allgemeinen nicht-zerstörend, aber um die Kosten für die Prüfung zu verringern wird eine annehmbare Qualitätsstufe durch Stichprobenprüfung zugesichert.

Sortierprüfungen, Stichprobenprüfungen und Entwurfsbeurteilungsprüfungen werden ebenfalls durch den Hersteller während anfänglichen Anerkennungsübung am Produkt oder an Produkten, die für den Befähigungsbereich repräsentativ sind, nach dem höchsten PALS ausgewählt. Dies muß nach der Zufriedenheit der ONS geschehen.

Entwurfsbeurteilungsprüfung wird an einem Anfangs-Auslieferungslos von jedem individuellen Kundenprodukt für das vollständige Set von Entwurfsbeurteilungsprüfungen durchgeführt, wenn strukturelle Ähnlichkeitsregeln gelten und sie von Hersteller und Kunde gemeinsam vereinbart wurden. Die Prüfungen, die während der Entwurfsbeurteilung durchgeführt werden, umfassen elektrische Langzeit-Dauerbeanspruchung, mechanische Prüfungen und Umweltprüfungen: in einigen Fällen sind sie zerstörend und meistens teuer. Die Prüfungen sind gedacht um einen umfassenden Entwurf der Hybridschaltung zu geben, bevorzugter als eine periodische Qualitätsüberprüfung. Aus diesem Grund dürfen der Hersteller und der Kunde vereinbaren, daß die Entwurfsbeurteilungsprüfungen nicht an aufeinanderfolgenden Lieferlosen durchgeführt werden sollen.

1.4.2 Elektrische Prüfungen

Die elektrischen Prüfungen, die durch die PALSS gefordert werden, sind unterteilt in:

- a) jene Prüfungen bei Umgebungstemperatur, die Schaltungsfunktionalität definieren
- b) jene Prüfungen bei Umgebungstemperatur, die sich von a) unterscheiden
- c) jene Prüfungen, die Schaltungsfunktionalität bei $T_{\min}$ und $T_{\max}$ definieren
- d) jene Prüfungen, die sich von a) unterscheiden, bei $T_{\min}$ und $T_{\max}$
- e) Burn-in
- f) elektrische Dauerbeanspruchung.

a) ist als hauptstatische und dynamische Eigenschaft und b) als weniger statische und dynamische Eigenschaft bekannt, aber der Unterschied zwischen beiden ist nicht klar getrennt. Der Unterschied zwischen a) und b) muß zwischen Hersteller und Kunde vereinbart werden, wenn die Bauartspezifikation erstellt wird, aber die Prüfungen unter a) sind jene, an deren Menge der Kunde erkennen kann, ob die Schaltung richtig funktioniert.

Prüfungen die bei $T_{\min}$ und $T_{\max}$ durchgeführt werden (ob sie jene Prüfungen sind, die die Schaltungsfunktionalität oder den Rest festlegen) sind erforderlich, falls von der Schaltung gefordert wird die Vorschriften bei extremen Temperaturen zu erfüllen. Falls nicht anders festgelegt, müssen Bauelemente, um T_{amb} bemessen sein, wonach sie bei größter festgelegter Lufttemperatur ($T_{\max}$) ohne den Bedarf für weitere Maßnahmen der Wärmeableitung funktionieren werden. Bauelemente, die eine bedeutende Menge an Wärme während dem Betrieb produzieren, sollten mit T_{case} bemessen sein, wonach die Verantwortlichkeit für das die Wärmeableitung des Bauelements beim Kunden liegt. Der Hersteller liefert die geforderten thermischen Daten.

Burn-in ist eine nicht-zerstörende Prüfung, die die Anfangsausfälle oder frühe Lebensdauer-Ausfälle aussortieren soll. Es wird angenommen, daß wenn das Bauelement unter seine elektrische Betriebsbelastung bei einer erhöhten Temperatur geprüft wird (allgemein die höchste Betriebstemperatur, ohne die thermischen Daten des Bauelements zu übersteigen), das Leben des Bauelements verkürzt wird. Der Wert dieser Prüfung und dessen Erweiterung auf elektrische Dauerbeanspruchung bis zu 8000 h muß auf Abweichung hin kontrolliert werden. Eine 8000 h Dauerbeanspruchung eines TTL-Bauelements bei 125 °C kann einer Lebensdauer von 50 Jahren unter üblichen Betriebsbedingungen bei 70 °C etwa gleichgesetzt werden. Falls die Ausfallrate mit der eines solchen diskreten Bauelements angenommen wird, um der klassischen Badewannenkurve zu entsprechen, ist eine erfolgreiche Beendigung der 8000 h-Prüfung ein Kennzeichen dafür, daß das Ende der Le-

bensabnutzungsphase zu diesem Zeitpunkt noch nicht begonnen hat. Ähnlichen, beschleunigten Betrieb der diskreten Bauelemente für 160 h simuliert die Vermeidung von frühen Ausfällen (Anfangsausfälle), wobei 2000 h eine Bewertung der mittleren Lebenszeit oder des flachen Abschnitts der Badewannenkurve ist. Folglich ist es mit einem diskreten Bauelement möglich, ein Maß für die zu erwartende Kurz-, Mittel- und Langzeit-Lebenserwartung zu erhalten. Bei einer Hybrid-Schichtschaltung wird durch die Komplexität und die Vielfalt der Bauelemente jede dieser Berechnungen wesentlich schwieriger, trotzdem geben die Burn-in- und die elektrische Dauerbelastungsprüfung einiges Vertrauen, sowie auch in die Zuverlässigkeit der Hybridschaltungen des Hersteller.

Die Nachprüfungs-Endpunkte können einer Nachbehandlung bedürfen oder müssen andernfalls nach der Burn-in- oder elektrischen Dauerbeanspruchungsprüfung abgeändert werden. Solche Abänderungen (Deltawerte) müssen zwischen Hersteller und Kunde im voraus vereinbart werden und müssen in die Kunden-Bauartspezifikation aufgenommen werden.

1.4.3 Weitere Sortierprüfungen

1.4.3.1 Allgemeines

Bestimmte PALs enthalten eine Sortierfolge, die das Bauelement mechanisch durch Temperaturzyklen beanspruchen soll (allgemein zwischen den Grenzwerten der Lagerungstemperatur), erst gefolgt von einer elektrischen Kontrolle und dann entweder einer Leckprüfung oder Beanspruchung durch Feuchte Wärmezyklisch. Die Folge darf ebenso Beschleunigung enthalten. Der Sinn der Prüffolge ist, daß der geforderte Mindestwert von 10 abgeschlossenen Temperaturzyklen, während das Bauelementeleben nicht repräsentiert wird, einen versteckten Fehler in einen offensichtlichen Ausfall umwandelt. Die Prüfung ist zur Beanspruchung von Chip-Bonds, Drahtbonds, Gehäuseversiegelungen und, wo zutreffend, die Durchführungen der Anschlüsse durch die Gehäusewände gedacht. Jede Beschädigung der Schaltung innerhalb des Gehäuses ist erkennbar, wenn das Bauelement elektrisch geprüft wird. Wo die Temperaturzyklen zur Beschädigung des luftdichten Abschlusses des Gehäuses geführt haben, kann der Fehler für ein Bauelement mit Hohlraum durch Leckprüfung herausgefunden werden.

1.4.3.2 Beschleunigungsprüfung

Die Beschleunigungsprüfung ist zur Bewertung der zufriedenstellenden Bauelementeanforderungen gedacht, wenn diese Gegenstand von Kräften sind, die durch konstante Beschleunigungsbedingungen (andere als Schwerkraft) hervorgerufen werden, wie solche die in bewegten Fahrzeugen, speziell in Flugzeugen, rotierenden Teilen und Projekten auftreten. Die Prüfstufen, die in der IEC 68 angegeben sind, reichen von $3 g_n$ bis $50000 g_n$ [$(30 \text{ bis } 500000) \text{ m/s}^2$], die angewandt werden, wenn festgestellt wird, daß die größte Beschleunigung, die durch eine Rakete erreicht wird, nur im Bereich von $500 g_n$ liegt (obwohl diesbezügliches Schwingen und Biegeabweichungen erzeugt werden können, die im Vergleich zu oben genannten noch eine Stufe höher sind). Trotzdem bieten die Beschleunigungsprüfung noch immer einen Bereich von Standard-Schärfegraden zwischen $10 g_n$ und $30000 g_n$ an, nicht um Lebensdauer nachzubilden, aber um an den Drahtbonds, den Chipbonds und anderen Befestigungsmitteln eine künstliche Beanspruchung anzulegen. Falls eine Beanspruchungsstufe von $20000 g_n$ für einen Drahtbond vorgesehen ist, so ist die zugehörige Kraft etwa im Bereich von 1 Gramm anzusetzen, wobei im Falle eines großen Halbleiterchips die Kraft für die selbe Beschleunigung etwa 0,5 kg beträgt. Falls dies auf eine große (64 Anschlüsse) Chip-Träger ausgeübt wird, steigt die Kraft auf 40 kg. Für Drahtbond- und Chiphaftfestigkeit werden die angelegten Kräfte wirklich nur für die niedrigste Qualität des Bonds geprüft und somit eine nützliche Back-up-Kontrolle, die einmalig, wenn der Deckel versiegelt wurde, erfolgt, zur Verfügung gestellt. Die Situation für große Bauelemente ist verschieden, wie auch die Chip-Träger, solange aber die Lötanschlüsse gut $20000 g_n$ aushalten und deren angreifende Kraft 40 kg beträgt, könnte die Beschleunigung Faltung, bogenförmige Verformung und sogar ein Reißen der Montageplatte verursachen, was im frühzeitigen Fugenbruch enden würde. Es ist deshalb für beide, Hersteller und Kunde erforderlich einen realistischen Beschleunigungswert anzugeben. Die übliche Sortierklasse für nicht-zerstörende Beschleunigungsprüfungen ist mit $5000 g_n$ festgelegt.

1.4.3.3 Leckprüfung

Die Leckprüfung ist in zwei Stufen unterteilt, Feinleck- und Grobleckprüfung. Die üblichste Form der Feinleckprüfung besteht daraus, daß ein Bauelement in eine evakuierte Kammer eingebracht wird, die mit Helium, mit einem festgelegten Druck, gefüllt ist und für eine gewisse Zeit darin gelassen wird. Es wird angenommen, daß für einen vorgegebenen Druck und eine vorgegebene Zeit, das Helium in alle Löcher und Risse in den Haupthohlraum des Gehäuses eingedrungen sein wird, in einer Rate, die proportional zur Loch- und Rißgröße ist. Bei der Entfernung aus der "Heliumbombe" geht das Helium zurück in die Atmosphäre und diese Menge ist wiederum proportional zur Loch- und Rißgröße. Falls dieses Strömungsverhältnis zwischen bestimmten Grenzen liegt, kann das Helium mittels eines Massenspektrometers ermittelt werden. Diese spezielle Prüfung ist bei Leckraten zwischen (10^{-8} und 10^{-5}) atm. cm^3/s [$(10^{-3}$ und $1) \text{ Pa cm}^3/\text{s}$] empfindlich. Es ist allgemein anzunehmen, daß ein Bauelement mit einer besseren Leckrate als 10^{-8} atm. cm^3/s dicht ist. Wenn das undichte Stück sehr groß ist, strömt das in das Gehäuse gedrückte Helium sehr schnell wieder aus, und für die Zeit, in der das Bauelement im Massenspektrometer ist, kann es schon verfliegen sein und die Prüfung irrtümlich als bestanden angesehen werden. Es ist deshalb erforderlich, die Feinleckprüfung durch die Grobleckprüfung zu erweitern. Grundsätzlich wird dies durch die Platzierung des Bauelements in eine heiße Flüssigkeit getan, welche bewirkt, daß das Gas aus dem Ge-

häuse austritt und aus jedem Loch und Riß Blasen austreten. Das Vorhandensein von Blasen die aus dem Gehäuse kommen, zeigt einen Ausfall an. Die Leckprüfung darf nicht an hohlraumfreien, mit Kunststoff umhüllten oder mit Kunststoff versiegelten Bauelementen durchgeführt werden.

1.4.3.4 Prüfung zur Feststellung des Rauschens durch das Aufeinandertreffen von Teilchen (PIND)

Die Feststellung des Rauschens, durch das Aufeinandertreffen von Teilchen (PIND) wird verwendet um lose Teilchen (wie Bruchteile des Chips) innerhalb von Hybridschaltungen mit Hohlraum ausfindig zu machen. Die Prüfung ist sehr arbeitsintensiv und wird üblicherweise nur dort durchgeführt, wo die höchsten Stufen für Qualität und Zuverlässigkeit gefordert wird. Der Prüfungsaufbau besteht im wesentlichen aus einem Schwingungsgeber und einem Treiber, der in der Lage ist, daß zur Prüfung stehende Bauelement einem sinusförmigen Signal aussetzen und einen Schockmechanismus oder ein Werkzeug, das in der Lage ist Schockimpulse von 1000 g-Stößen an das Bauelement zu geben. Jedes lose Teilchen, das durch den Schock und die Schwingungen aktiviert wurde, und aktiviert dann einen Wandler, dessen Signal verstärkt wird. Das zu prüfende Bauelement ist akustisch mit dem Wandler verbunden und wird einer Reihe von Schocks und Schwingungen nach der Prüfvorschrift unterzogen.

1.4.3.5 Prüfung Trockene Wärme

Die Prüfung Trockene Wärme wurde nur entworfen, um zu bestätigen, daß die Hybridschaltung bei erhöhten Temperaturen gelagert werden können. Sie soll allerdings nicht die Widerstandsfähigkeit gegenüber Temperaturveränderungen bewerten, noch ist sie dazu da, die Fähigkeit der Hybridschaltung unter elektrischer Dauerbeanspruchung zu demonstrieren. Um den "Worst case" Bedingungen zu entsprechen, fordert die in der EN 165000 genannte Prüfung, daß das Bauelement aus der Umgebung direkt bei Prüftemperatur in den Ofen gebracht werden muß, wobei keine Zeit für den allmählichen Temperaturanstieg erlaubt ist. Die für die Prüfung ausgewählte Temperatur sollte der Höchstwert sein, welchem das Bauelement im "üblichen Leben" ausgesetzt ist. Die Prüfung erfolgt wie die Sortierprüfung für Bauelemente, deren elektrische Eigenschaften während der Lagerung bei hoher Temperatur die Vorschrift übersteigen oder Gegenstand von thermisch bedingten Ausfällen sind, wie Verlust von luftdichtem Abschluß oder Bondabtrennung.

1.4.3.6 Röntgendurchleuchtung

Röntgendurchleuchtung ist die Verwendung einer Röntgenstrahleneinrichtung, um Fehler innerhalb des umhüllten Bauelements zu finden. Die Röntgendurchleuchtung wird in einer oder mehreren Achsen des Bauelements durchgeführt, abhängig von der Gehäusegröße und den individuellen Anforderungen. Es ist eine teure Prüfung (beides, im Zusammenhang mit der Ausstattung und der erforderlichen Zeit) und wird nur dort angewandt, wo die höchste Stufe an Qualität und Zuverlässigkeit gefordert wird. Die Prüfung ist in der Lage fremde und äußere Materialien, entweder lose oder befestigte, häufig Halbleiterchips oder Substrat-Bondmaterial oder Lücken in Bondungsmaterialien, Risse, Spalten oder Splitter, unzulängliche Fehlerbeseitigung (z. B. Bonddraht am Deckel) usw. zu entdecken. Sie wird hauptsächlich verwendet, um Fehler zu finden, die sich nach dem Gehäuseversiegelungs-Verfahren ereignet haben, nachdem andere Fehler (abgesehen von Lücken im Befestigungsmaterial) während der Sichtkontrolle der Kapselung beseitigt worden sind.

1.4.4 Bauelemente-Stichprobenprüfung

Um die Bauelementeprüfungen auf einem realisierbaren Mindestmaß zu halten, werden einige Prüfungen für jedes vom Hersteller hergestellten Los nur an einer Stichprobe durchgeführt. Dies wird unter Verwendung von statistischen Verfahren durchgeführt, um sicherzustellen, daß diese Stichprobe die Qualität der gesamten Stichprobe widerspiegelt.

Abgesehen von elektrischen Prüfungen und Dauerprüfungen ist die Stichprobenprüfung in der EN 165000 auf Schocken und Schwingen begrenzt und dann nur dort, wo ein hoher Grad an Sicherheit gefordert wird.

Die Schockprüfung soll die Auswirkungen von relativ unfrequenten, sich nicht wiederholenden Schocks, die bei der Reparatur durch das Zusammenstoßen von Ausrüstung oder während des Transportes wahrscheinlich sind, nachbilden. Mit anderen Worten ist die Prüfung nicht dazu da Bauelemente zu erproben, die einer Umgebung mit wiederholten Schocks und Schwingungen ausgesetzt sind. Das Schockgerät ist meistens eine einfache Maschine. Die Stichprobe ist fest in einen Tisch eingespannt, der unter Erdanziehungskraft entlang Stäben oder Laufschienen fallen kann. An der Unterseite des Tisches ist ein Hammer, der am Ende des Falls auf ein Materialbett (oder Amboß) mit absorbierenden Eigenschaften (gewöhnlich Gummi, Blei oder ein stark poröses Gußstück) schlägt. Die Kombination von Tischhöhe oberhalb des Betts, Hammergestalt und die Eigenschaften des Bettmaterials definieren den Schock, der auf das Bauelement auf dem Tisch ausgeübt wird. Die Anforderung der EN 165000 ist für den Schock eine halbe Sinuskurve, mit einer Auswahl an Schärfegraden. Die meisten Hersteller bieten eine Spitzenbeschleunigung von 15000 m/s² mit einem 0,5 ms-Impuls oder 1000 m/s² mit einem 6 ms-Impuls an, der durch ein an dem Schockgerät befestigten Speicheroszilloskop gemessen wird.

Die Schwingungsprüfung wird unter Verwendung einer Schwing-Kipp-Frequenz durchgeführt, wo Unter-Stichproben in jeder der drei senkrecht aufeinander stehenden Achsen für zwei Stunden geschwungen werden. Die Unter-Stichprobe je Achse. Für kleine Bauelemente, die meistens durch diese Spezifikation erfaßt werden, ist eine Resonanzsuche nicht notwendig und wird bei der Prüfung nicht erwähnt. Der Schärfegrad der Prüfung kann

von einer in dieser Spezifikation angegebenen Liste ausgewählt werden. Der Frequenzbereich 100 Hz bis 2000 Hz wird allgemein als repräsentativ für Frequenzen, die unter üblichen Umweltbedingungen gefunden werden, ausgewählt (wie bei Bahntransporten, Lastwagen, Flugzeug etc.) und wird, außer bei großen Gehäusen, von den meisten Herstellern angeboten. Außer bei großen Gehäusen bieten die meisten Hersteller den höchsten Schärfegrad der Schwingungsamplitude, der mit einem entsprechenden Wert für die Beschleunigungsamplitude in Verbindung gebracht wird, an. Dies ist 1,5 mm und 20 g_n (200 m/s²). Die Wobbelgeschwindigkeit ist annähernd bei einer Oktave je Minute angesetzt, die für die gesamte Dauer der Prüfung etwa in der Nähe von einer Million Perioden gilt.

1.4.5 Entwurfsbeurteilungsprüfung

1.4.5.1 Allgemeines

Der Zweck der Entwurfsbeurteilungsprüfung ist zu zeigen, daß der Entwurf des Kunden in der Lage ist bestimmte Umgebungs- und mechanische Bedingungen zu erfüllen. Wo Entwurf und Materialien gleich gehalten werden, wie durch interne Prüfungen durch den Hersteller bewiesen, ist eine Wiederholung der Entwurfsbeurteilungsprüfung nicht notwendig.

Es ist jedoch keine Pflicht den Vorschlag anzunehmen und Kunden dürfen darum ersuchen, daß einige oder alle Entwurfsbeurteilungsprüfungen an allen Losen oder periodisch wiederholt werden. In allen Fällen, wo eine Auswahl der Menge der Prüfungen existiert, müssen die erhaltenen Aussagen durch die Prüfung und die Kosten dieser Extraprüfungen .

Die in den PALSS aufgeführten Entwurfsbeurteilungsprüfungen enthalten die Messungen der Maße, die hauptsächlich enthalten sind, um sicherzustellen, daß die Bauelemente-Pins in das Motherboard passen und alle anderen Maße, die sicherstellen, daß das Bauelement nicht zu groß oder zu klein ist. Abgesehen von elektrischen Prüfungen, elektrischen Dauerprüfungen, Temperaturveränderungen, Beschleunigung, Schocken und Schwingen beinhaltet das Verzeichnis Feuchte Wärme, Lötwärmebeständigkeit, Lötbarkeit, Widerstandsfähigkeit der Anschlüsse, Entflammbarkeit, Reinigungsmittelbeständigkeit, Salznebel, Restgasanalyse und Bewertung der Strahlungsstärke.

1.4.5.2 Feuchte Wärme, zyklisch

Die Prüfung Feuchte Wärme, zyklisch, in Verbindung mit einer nachfolgenden elektrischen Prüfung soll Fehler in Umhüllungen aufzeigen. Diese Prüfung ist auch dort anzuwenden, wo die Dichtheitsprüfung nicht zutreffend ist (z. B. Kunststoffumhüllungen). Die Anforderung darf für 6 Zyklen gelten (die zur Auffindung von fehlerhaften Bauelementen dient), wobei die 56 Tage-Prüfung ein Maß an Vertrauen gibt, daß das Bauelement in jedem Klima (nicht an Deck eines Schiffs) bestehen kann. Die tatsächlichen Prüfbedingungen sind 95 % relative Luftfeuchte und zyklische Temperatur zwischen 25 °C und 40 °C oder 55 °C. Meteorologische Messungen, die über viele Jahre hinweg durchgeführt wurden, haben gezeigt, daß eine relative Luftfeuchte von mehr als 95 %, kombiniert mit einer Temperatur oberhalb 30 °C, in freien Luftbedingungen über lange Zeit nicht auftritt, außer in Gebieten mit extremem Klima. Diese Bedingungen können jedoch in begrenzten Räumen, wie in Fahrzeugen, Zelten oder Cockpits von Flugzeugen auftreten. Obwohl die Prüfung ein beschleunigendes Element hat, ist sie nicht ganz frei von einer möglichen "worst case Fall"-Situation. Die zyklischen Elemente der Prüfung tendieren ebenso dazu Risse in Kabeln zu verursachen, wodurch Feuchtigkeitseindringung begünstigt wird.

1.4.5.3 Feuchte Wärme, konstant

Die Prüfungen Feuchte Wärme, konstant, der EN 165000 werden entweder für dichte Ausstattung oder für nicht-dichte und hohlraumfreie Umhüllungen verwendet. Eine Wahl zwischen drei Prüfverfahren ist möglich. Die Prüfung, die bei 40 °C, 93 % relativer Luftfeuchte durchgeführt wird, wird verwendet, um die äußeren Aspekte des Bauelements, wie Widerstandsfähigkeit gegen Korrosion, zu bewerten. Die Widerstandsfähigkeit von hohlraumfreien oder mit Epoxidharz versiegelten Bauelementen gegenüber Korrosion kann auf beschleunigende Weise durch die Durchführung der Prüfung bei 85 °C, 85 % relative Luftfeuchte mit Vorspannung bewertet werden. Alternativ dazu darf die Prüfung Feuchte Wärme mit ungesättigtem, gasförmigen und unter Druck stehenden Dampf zur Bewertung auf eine stark beschleunigende Weise mit Vorspannung, durchgeführt werden. Dieses Verfahren soll aber nicht die äußeren Einwirkungen der Korrosion für hohlraumfreie Bauelemente bewerten.

1.4.5.4 Lötbarkeit

Die unter überwachten Bedingungen durchgeführte Lötbarkeits-Prüfung bewertet relativ einfach, ob die Anschlüsse der Hybridschaltung durch Eintauchen in das Lot angelötet werden können. Vor der Beendigung der Prüfung müssen die Anschlüsse auf Benetzung, Porosität, Lücken und das Vorhandensein von Fremdmaterialien überprüft werden. Die Lötbarkeit soll sicherstellen, daß das gesamte Bauelement den Temperaturen, die während des Lötverfahrens entstehen, standhalten kann. Die Anschlüsse des Bauelements werden bis zu einem festgelegten Punkt in flüssiges Lot bei festgelegter Temperatur für festgelegte Zeit getaucht.