

Bestückung unter kontrollierter Feuchte

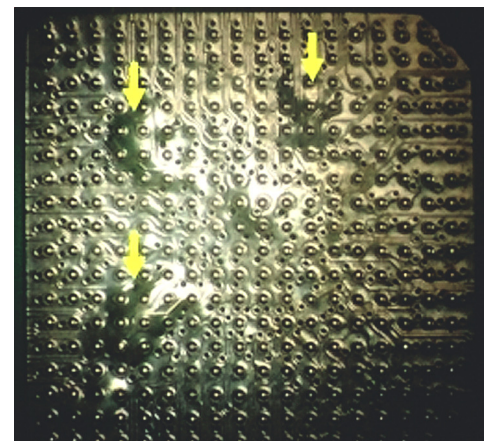
Feuchteempfindliche Bauteile MSD 'Moisture Sensitive Devices' haben eine begrenzte Lebensdauer, sobald sie aus der trockenen Verpackung entnommen werden, bis zur hohen Temperatur im Reflow-Prozess. Beim Löten von MSD-Bauteilen, welche die 'Floor Life' / erlaubte Feuchtezeit überschritten haben, riskiert man unmittelbare oder zeitverzögerte Schäden.

von A. Plano, Iteco - www.iteco.it

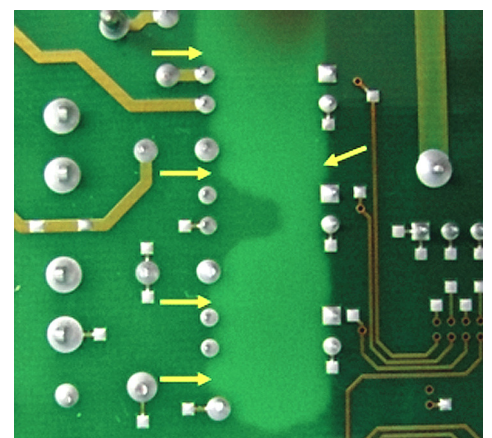
Die Feuchte ist ein unsichtbarer Schädling, welcher schwere Beschädigungen von elektronischen Bauteilen (IC, LED, BGA, PCB, usw.) verursachen kann, wenn sie nicht nach den Normen behandelt und gelagert werden. Sobald die Bauteile der feuchtegeschützten Verpackung entnommen werden, absorbieren sie die Umgebungfeuchte und erzeugen bei der Löttemperatur Wasserdampf im Inneren. Der schnell expandierende Dampf steht unter Druck und sucht den Weg nach aussen. Dabei entwickeln sich innere Kräfte, welche Blasen bilden (Popcorn-Effekt) und anschliessende Mikrorisse im Bauteilkörper, interne Delaminationen zwischen Chip und Gehäuse, Unterbrüche in den Verbindungen zwischen Chip und Lead-frame, sowie eine nachfolgende potentielle Korrosion verursachen, welche in die Mikrorisse gelangt. Bei den Leiterplatten zeigen sich diese Effekte als äussere Schwellungen und Delaminationen / Trennungen der inneren Lagen (**Fig. 1 und 2**).

Die feuchteempfindlichen Bauteile, MSDs (Moisture Sensitive Devices), haben eine begrenzte Feuchtezeit (Floor Life), welche der maximal erlaubten Zeit entspricht, während der die Bauteile der Feuchte ausgesetzt sind, d.h. vom Auspacken aus der trockenen Verpackung bis zur hohen Temperatur des Reflowlötens. Diese Zeit wird in der Norm der Empfindlichkeitsstufe MSL (Moisture Sensitivity Level) für jeden Bauteiltyp zugeordnet. (siehe **Tab. 1**).

Werden MSD-Bauteile gelötet, welche die Feuchtezeit / Floor Life überschritten haben, besteht die Gefahr, dass sie sofort und unwiederbringlich oder latent mit Verzögerung beschädigt werden. Wichtig ist, dass nie nur ein einzelnes Bauteil defekt ist, sondern immer die ganze Verpackung (Tray oder Rolle) eines ganzen Produktionsloses, die unbemerkt einer längeren Feuchtezeit ausgesetzt wurde.



**Fig. 1 BGA
Popcorn
Delamination**



**Fig. 2
Oberflächen-
Delamination
(Blasen-
bildung)**

Üblicherweise werden die MSD-Bauteile vom Hersteller in einer Trockenpackung / Dry-Pack geliefert, in einem Barriere-Beutel (MBB Moisture Barrier Bag) mit einem Trockenmittel (Bentonit, Silikagel) und einem Feuchteindikator. Häufig wird die Trockenpackung Dry-Pack unter Vakuum verschweisst. Mit dieser Verpackung wird eine Feuchte von $\leq 5\%$ während 12 Monaten ab Verpackungsdatum garantiert. Sobald die Verpackung geöffnet wird, beginnt die Feuchtezeit / Floor Life der

Tabelle 1 - Stufe der Feuchteempfindlichkeit (MSL) & Floor Life - ausserhalb des Moisture Barrier Bag

Stufe MSL	Zeit	Bedingungen
1	unbeschränkt	≤ 30°C - 85% rF
2	1 Jahr	≤ 30°C - 60% rF
2a	4 Wochen	≤ 30°C - 60% rF
3	168 Std.(1 Woche)	≤ 30°C - 60% rF
4	72 Std.	≤ 30°C - 60% rF
5	48 Std.	≤ 30°C - 60% rF
5a	24 Std.	≤ 30°C - 60% rF
6	Bake obligatorisch vor Gebrauch. Danach muss innerhalb der auf der Etikette spezifizierten Zeit gelötet werden.	≤ 30°C - 60% rF

Bauteile zu zählen. Alle notwendigen Informationen (MSL, Floor Life, Verpackungsdatum, Baking, etc.) sind normalerweise auf der Etikette zu finden (siehe Fig. 3).

Normen und Vorschriften

Die Norm *IPC/JEDEC J-STD-020D.1* klassifiziert die Feuchtestufen der SMD-Bauteile, die nicht hermetisch verpackt, aber feuchteempfindlich sind. Diese Daten benützt der Hersteller um die Feuchtestufe MSL und das thermische Profil mit der maximalen Löttemperatur des Bauteils zu definieren.

Die Norm *IPC/JEDEC J-STD-033B.1* ist jedoch für Elektronik-Bestücker bestimmt und definiert die Standard-Methoden für die Verpackung, die Aufbewahrung, die Spedition und den Einsatz von feuchteempfindlichen MSD-Bauteilen.

Beide Normen beziehen sich auf die gleichen Stufen der Feuchteempfindlichkeit MSL. Je höher diese numerische Stufe, je empfindlicher und verletzbarer sind die Bauteile. Die Stufe MSL-1 definiert die Bauteile, die gegen Feuchteschäden immun sind, die Stufe MSL-5a bezeichnet die empfindlichsten Bauteile. Die Stufe MSL-6 ist für die extrem feuchteempfindlichen Bauteile, bei denen man immer eine Trocknung / Bake machen und sie innerhalb der angegebenen, kurzen Zeit löten muss.

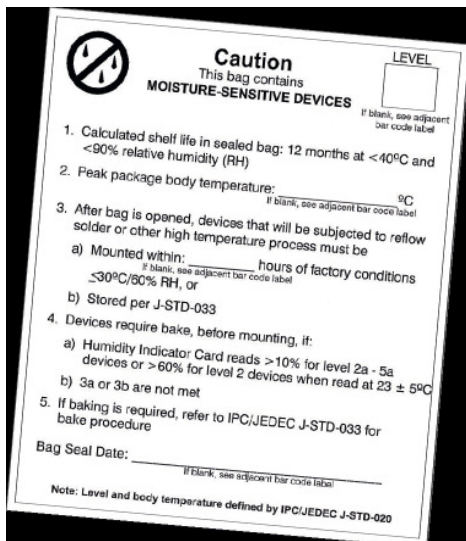


Fig. 3
 Etikette
 'Moisture Sensitive Caution' /
 Feuchte-
 gefahr

Auswirkungen auf Bleifrei-Prozesse

Mit der Einführung der bleifreien Lötprozesse wuchs die Gefahr der falschen Behandlung der MSD-Bauteile. Mit der Erhöhung der Reflow-Temperaturen steigt auch die Feuchtetemperatur (moisture) im Inneren des Bauteils und verursacht einen höheren Dampfdruck. Beim bleifreien Reflow-Löten können Dampfdrücke entstehen, die bis zu dreimal höher sind als beim Löten von bleihaltigen Legierungen SnPb. Es gibt auch Hersteller, die bei den bleifrei deklarierten Bauteilen eine tiefere Feuchtestufe angeben, wenn sie bleihaltig mit SnPb gelötet werden.

Nicht alle Bauteile mit der Stufe MSL-1 (unbeschränkte Floor Life) dürfen als risikolos betrachtet werden. Es ist zweckmässig bei allen Bauteilen die Feuchte zu reduzieren, sei es nur schon um die Oxydation und daher Probleme mit der Lötbarkeit zu vermeiden.

Lösungen

Anhalten der Feuchtezeit - 'Stop the Clock'

Das Überschreiten der Feuchtezeit / Floor Life gemäss der Stufe MSL der Bauteile während der Bestückungsphase in der Umgebungsfeuchte ist unedingt zu vermeiden.

Um dieser Bedingung zu genügen müssen die der Original-Verpackung Dry-Pack entnommenen Bauteile MSD (Moisture Sensitive Device) in einem Trockenschrank mit ≤ 5 % rF zwischengelagert werden. Hier wird dann die Feuchtezeit / Floor Life angehalten. Für einige Typen von Bauteilen erfolgt damit auch eine teilweise Trocknung.

Fig. 4 Trockenschrank mit 3 Türen



Zurücksetzen der Feuchtezeit Floor-Life

Ist die Feuchtezeit Floor Life einmal überschritten, muss man diese zurücksetzen, indem die vom Bauteil aufgenommene Feuchte eliminiert wird. Zu diesem Zweck wird ein Trocknungsprozess / Bake angewendet, der in der Tabelle 1 der Norm *IPC/J-STD-033B.1* beschrieben ist. Die Trocknung hängt von der Dicke, den Abmessungen und der Feuchtestufe MSL ab. Diese Trocknung / Bake stellt die letzte Lösungsmöglichkeit dar.

Die Tabelle 4-1 definiert drei grundlegende Temperaturen für diese Trocknung / Bake bei 40 °C, 90 °C und 125 °C.

Der Prozess im Ofen bei hohen Temperaturen (90-125 °C) kann nur ausgeführt werden, wenn die Verpackungen, Trays usw. ebenso temperaturbeständig sind. Ein Bake bei diesen Temperaturen begünstigt ausserdem die Oxydation der Anschlüsse und beeinträchtigt demzufolge die Lötbarkeit. Mit der korrekten Behandlung der feuchteempfindlichen Bauteile MSD unter Berücksichtigung der Floor Life und einer Zwischenlagerung 'Stop the Clock' in einem Trockenschrank kann man den Trocknungsprozess / Bake bei hohen Temperaturen vermeiden.

Wird eine Trocknung / Bake von MSD-Bauteilen notwendig, ist es empfehlenswert einen Trockenschrank mit der Funktion Bake bei 40 °C, mit < 5% rF einzusetzen. Auf diese Weise werden auch Bauteile auf Rollen getrocknet, ohne diese zu beschädigen. Überdies wird der reduzierten Oxydation der Anschlüsse Rechnung getragen.

Dokumentation der Ist-Werte

Die Aufzeichnung von Feuchte und Temperatur in den Trockenschränken (< 5 % rF) an den Schlüsselpunkten der Produktion (Pick & Place und anderen Stellen, wo die Bauteile der Feuchte ausgesetzt sind) ist sehr nützlich, um die restliche Feuchtezeit / Floor Life der MSD-Bauteile zu berechnen. Damit können sie rechtzeitig der Trocknung / Bake unterworfen werden.



Dazu wurde ein Thermo-Hygrometer mit Datalogger entwickelt. Dieser ist in der Lage Feuchte und Temperatur im Trockenschrank aufzuzeichnen.

Fig. 5 Thermo-Hygrometer mit Datalogger-Funktion

Automatische Verfolgung und Dokumentation

Einige grosse Firmen haben automatische Kontrollsysteme entwickelt, welche den Elektronik-Bestückern die automatische Verfolgung und Dokumentation ermöglichen, um die MSD-Bauteile korrekt zu behandeln.

Diese Systeme benützen für die Dateneingabe die moderne RFID-Technologie mit Radiofrequenzen und erfassen so einzelne Rollen und Trays vom Zeitpunkt des Entpackens aus dem Dry Pack bis zum abschliessenden Löten.

In Real-Time kennt man die physische Position, die verbleibende Feuchtezeit / Floor-Life der MSD-Bauteile, die Position im Magazin, auf den Produktionslinien, in den Öfen und den Trockenschränken der Zwischenlagerung. Es sind zwar teure Systeme, die jedoch die komplizierte Erfassung von Hand, die gründliche Ausbildung des Personals und vor allem die Fehler bei der manuellen Feuchteerfassung vermeiden.

LEITERPLATTEN (Moisture Sensitive PCB)

Leiterplatten sind sehr hygroskopisch und in Abhängigkeit der Konstruktionsmerkmale (Laminatstypen, Anzahl Lagen und Bohrungen, Dicke, usw.) nehmen sie ungeschützt eine Menge an Feuchtigkeit auf, sodass deren Unversehrtheit bei den hohen Löttemperaturen in Gefahr ist.

Es können Defekte folgen, wie äussere Delamination der Lötstopmmaske mit Blasenbildung und weitere tückische Delaminationen wie die Trennung von Innenlagen und deren Unterbrüche. Deren Ursachen sind nicht einfach zu finden.

Mit der Einführung der Bleifrei-Prozesse wurden auch Basismaterialien entwickelt, welche RoHS-kompatibel sind und bei den höheren Reflow-Temperaturen verbesserte Eigenschaften (CTE-xyz, Tg, Td, T288, usw.) haben. Ein grosser Teil dieser Materialien sind jedoch hygroskopischer als die herkömmlichen Basismaterialien. Um der höheren Feuchteaufnahme zuvorzukommen, ist es wichtig die Lagerzeit (shelf life) zu kontrollieren, auf die Art der Verpackung zu achten, die Umgebungsbedingungen zu überwachen und speziell für eine tiefe Feuchte zu sorgen. Die Erfahrungen vieler Bestücker mit dem Bleifrei-Löten in den letzten Jahren haben die Probleme der inneren und äusseren Delamination mit der Blasenbildung gezeigt. Dabei waren vor allem die wirtschaftlichen Schäden als Folge der Feuchte schwerwiegend.

Trockene Verpackungen des Typs Dry-Pack und Trocknungsprozesse (Bake) der Leiterplatten vor der Verarbeitung werden zu einer absolut notwendigen Praxis, um solche Schäden zu vermeiden. Dies betrifft vor allem Leiterplatten, welche lange gelagert werden, auch länger als die Hersteller garantieren. Die Lagerung von Leiterplatten in einem Trockenraum oder einer Trockenbox bei $\leq 10\%$ rF ist eine andere Praxis verschiedener Elektronik-Bestücker.

Um den Bestückern der Elektronik-Fertigung entgegenzukommen und die Probleme der Verwaltung, Verpackung, Lagerung, Einsatz und Trocknung / Bake von Leiterplatten anzugehen hat IPC die Norm IPC-1601 ausgearbeitet.

Es existieren jedoch schon Normen, wie die IPC/J-STD-001-HDBK, welche das Vorgehen und die Parameter für die Trocknungszyklen mit Umluft-Öfen definieren. Eine andere Praxis um Feuchteschäden bei der Reparatur / Rework von bestückten Platinen zu vermeiden besteht in einem definierten Zyklus mit einem Heissluftofen. Vor der Reparatur werden die Platinen wie vorgesehen von IPC/J-STD-033 und IPC-7711 behandelt.



Fig. 6 Trockenofen für Printmaterial

SAHARA - ÖFEN FÜR DAS BAKING



Die Temperaturregelung erfolgt mit einer sehr genauen elektronischen Steuerung.

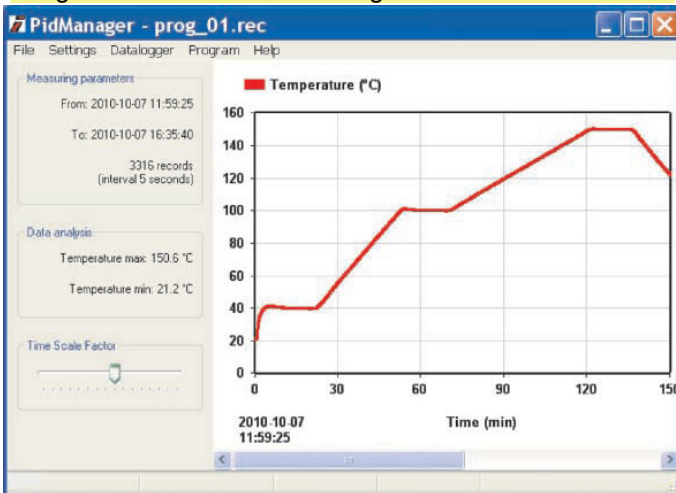
Es können 4 Betriebsarten gewählt werden:

SetPoint: Man programmiert die Soll-Temperatur, der Ofen heizt und stabilisiert diese.

Countdown: Der Ofen erreicht die Soll-Temperatur und verbleibt hier während der programmierten Zeit (1 min. bis 999 h 59 min.). Dann schaltet er ab.

Programmiertes Einschalten: Der Ofen kann zu einer genau gewünschten Zeit eingeschaltet werden, z. B. Montagmorgen um 6.30 Uhr und heizt auf die Soll-Temperatur von 200 °C..

Zeit-Temperatur-Steuerung: Man programmiert auf dem PC für jeden Schritt die Soll-Temperatur, den max. Temperatur-Gradienten und die Verweilzeit. Dann wird es zur Steuerung übertragen. Es sind max. 10 Programme à 100 Schritte möglich.



Software PIDManager (Option) läuft unter WIN2000 / XP / Vista / Win7 und wird mit dem USB-Spezialkabel geliefert (Art. Nr. 8107.215). Diese Option ist für die Programmierung der Zeit-Temperatur-Steuerung notwendig, sowie zum Anzeigen und Analysieren der Daten des Dataloggers. Dieser ist in jedem SAHARA enthalten und kann bis zu 21600 Daten speichern mit einer Abtastzeit von 1, 5, 10, 15, 30 sec., 1, 5, 10, 15, 30 min.

Die Digital-Steuerung hat zur **Sicherheit und Zuverlässigkeit** eine interne Uhr und speichert mit dem Backup Datum und Zeit, auch wenn sie über eine Woche stromlos ist. Damit können Schäden vermieden werden, besonders bei den Betriebsarten 'Countdown', 'Clock' und 'Prog'.

Einsatz der Umluft-Öfen SAHARA

Trocknung (Bake) von MSD-Bauteilen für die Zurücksetzung der Feuchtezeit / Floor Life

Trocknung (Bake) von Leiterplatten vor dem Drucken und Bestücken.

Trocknung (Bake) von bestückten Platinen vor der Reparatur / Rework

Vorheizen von Leiterplatten und bestückten Prints vor dem Löten oder vor der Reparatur (um den thermischen Schock zu reduzieren).

Spezifikationen:

Konstruktion:	Stahl, epoxy-lackiert.
Kammer innen:	Edelstahl INOX AISI304
Heizelemente :	ohne Kontakt zur inneren Kammer
Thermische Isolation:	Natürliche Mineralfasern
Gelochte Tablare:	Stahl verchromt, einstellbar
Luftzufuhr:	Stutzen, manuelle Regelung
Temperaturbereich:	+ 40 ... + 280 °C
Steuerung :	PID-Regler, Datalogger, Multifunktions-Timer, USB
Interface zu PC:	
Genauigkeit der Anzeige:	+ / - 1 °C
Sicherheitsthermostat:	einstellbar mit visuellem Alarm, manueller Reset

Art. Nr.	Volumen innen lit.	Tablare (inkl./max.)	Abmessungen innen (L x P x H)	Abmessungen aussen (L x P x H)	Leistung W	Gewicht kg
8107.103	40	1 / 7	348 x 312 x 367	686 x 515 x 575	800 / 230V	35
8107.105	60	2 / 7	408 x 372 x 422	746 x 570 x 605	1200 / 230V	40
8107.107	80	2 / 7	458 x 372 x 472	796 x 570 x 680	1200 / 230V	45
8107.109	120	2 / 9	498 x 477 x 512	836 x 680 x 720	1600 / 230V	50
8107.111	250	2 / 11	593 x 522 x 797	956 x 730 x 1025	2500 / 230V	90
8107.113	400	2 / 11	693 x 607 x 980	901 x 815 x 1487	3200 / 230V	140
8107.115	700	3 / 11	693 x 607 x 1470	901 x 815 x 1977	6000 / 400V	180

8107.215 Software PIDManager mit USB-Kabel spez. für die Programmierung der Steuerung, Anzeige & Analyse

8107.150	Zusätzliches Tablar zum Ofen	40 lit (max. 7 St.)
8107.152	Zusätzliches Tablar zum Ofen	60 lit (max. 7 St.)
8107.154	Zusätzliches Tablar zum Ofen	80 lit (max. 7 St.)
8107.156	Zusätzliches Tablar zum Ofen	120 lit (max. 9 St.)
8107.158	Zusätzliches Tablar zum Ofen	250 lit (max. 11 St.)
8107.160	Zusätzliches Tablar zum Ofen	400 lit (max. 11 St.)
8107.162	Zusätzliches Tablar zum Ofen	700 lit (max. 11 St.)

GHIBLI-II Trocknungsschränke

Die Trocknungsschränke GIBLI II dienen zum Entfeuchten bei der Lagerung von MSD-Bauteilen (Moisture Sensitive Devices). Sie entsprechen der Norm IPC/JEDEC J-STD-033B.1, sind ableitend und können sofort in Betrieb genommen werden (ohne Betätigung einer Taste). Jeder Schrank ist mit einem tragbaren Thermo-Hygrometer (DryLogger 9265.300 mit Datalogger-Funktion) ausgerüstet.



8104.812



DryLogger
9265.300



Entfeuchter



8104.800



8104.804



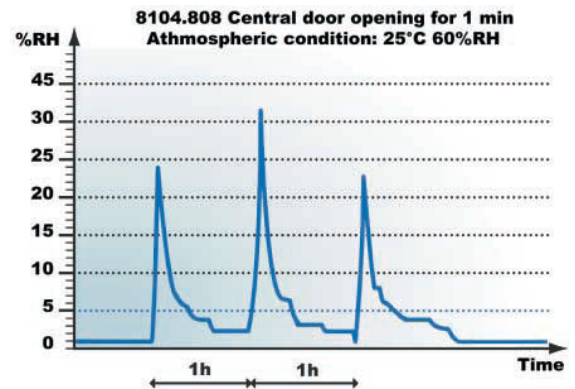
8104.808

Spezifikationen

Feuchtebereich:	5% rF garantiert, typisch 2% rF
Farbe:	Anthrazit
Elektrischer Anschluss	230Vac
Konstruktion:	Stahlblech 1 mm mit ESD-Lackierung ableitend
Türen:	Magnetverschluss hermetisch und ESD-Glas
Räder:	4 ableitende Räder 3", zwei mit Bremsen
Erdungskabel:	Länge 940 mm
ESD-Lackierung	1 kOhm - 1 GOhm

Vorteile von GHIBLI II

- **Sehr einfach im Gebrauch:** Man muss gar nichts einstellen. Ist der Trockenschrank einmal ans elektrische Netz angeschlossen, trocknet er automatisch auf < 5 % rF (dieser Wert ist im Inneren des Schrankes garantiert, typischerweise erreicht man ca. 2 % rF.)
- **Sicherheit im Falle eines Sensorfehlers:** Die Trocknungselemente im Schrank arbeiten kontinuierlich und werden nicht von Sensoren gesteuert. Damit gibt es keinerlei Probleme mit Sensoren oder Hygrometern.
- **Einfache Kalibrierung:** Im Schrank befindet sich ein mobiles Hygrometer (Dry Logger 9265.300), welches durch die obere Türe sichtbar ist. Man kann dieses jederzeit zur Kalibrierung einsenden, der Schrank setzt die Trocknung fort.
- Das mobile **Instrument Dry Logger** erlaubt die Messung von Temperatur und Feuchte an verschiedenen Stellen im Schrank. Der integrierte Daten-Logger erlaubt die Daten auf einem PC einzusehen und zu analysieren. Er misst auch niedere Feuchtwerte und kann ebenfalls für andere Anwendungen ausserhalb des Schrankes benutzt werden.
- **Modulare Struktur:** Die Trocknungselemente können sehr einfach dem Schrank entnommen werden, man benötigt nur einen Schraubenzieher. Daher ist er problemlos im Unterhalt / Reparatur und hat eine Lebensdauer von > 20 Jahren, wie die Stahlkonstruktion. Er ist damit sehr umweltfreundlich.
- Praktische und schöne magnetische Griffe mit Schlössern befinden sich bei jeder Türe. Die Frontseite ist vollkommen flache, ohne herausragende Teile.
- 2 Jahre Garantie



Datenanalyse

Mit dem tragbaren DryLogger und der Software LogManager, welche zu jedem Schrank geliefert werden, kann man die Zeitintervalle und die Feuchte ermitteln, in welchen die feuchteempfindliche MSD-Bauteile einer Feuchte > 5 % oder 10% rF ausgesetzt waren. Diese Daten erlauben es, die 'Floor Life' zu berechnen, d. h. die Zeit zwischen dem Auspacken aus dem hermetischen Barriere-Beutel oder Entnehmen vom 'Baking' bis zum Löten. Ein anderes Beispiel der Daten-Analyse zeigt die Grafik vom Öffnen & Schliessen der Türen. .

	8104.800 Ghibli-II 200 lit	8104.802 Ghibli-II 328 lit	8104.804 Ghibli-II 400 lit	8104.808 Ghibli-II 650 lit	8104.812 Ghibli-II 1200 lit	8104.830 Ghibli-II 600 lit Baking 40 °C	8104.832 Ghibli-II 1200 lit Baking 40 °C
Inhalt lit.	200 lit.	328 lit.	400 lit.	650 lit.	1280 lit.	600 lit.	1180 lit.
Abmessungen aussen mm	600x672 x610	905x452 x1045	600x672 x1255	600x672 x1805	1200x672 x1805	600x672 x1805	1200x672 x1805
Tablare	2	3	3	5	5	5	5
Tablar mm	555x530x20	555x530x20	555x530x20	555x530x20	1155x530x20	555x530x20	1155x530x20
Verbrauch Ø mit Baking	28 W	56 W	56 W	56 W	56 W	56 W 456 W	56 W 856 W
Verbrauch max. mit Baking	210 W	420 W	420 W	420 W	420 W	420 W 1220 W	420 W 2020 W

Feuchte- und Temperaturanzeige mit Alarm und Datalogger

Das Instrument zeigt auf einem grossen Display gleichzeitig Feuchte, Temperatur und Zeit an. Alarme erfolgen beim Überschreiten der programmierten Werte von HIGH und LOW bei Feuchte und Temperatur.. Der Datalogger hat eine Kapazität von 30'000 Werten. Das Programm für die Datenanalyse ist enthalten.

Feuchte: 5 - 95% rF	Auflösung : 0.1% rF
Genauigkeit:	±2% rF (bei 25°C, 35%r~80% rF)
	±2.5% rF (bei 25°C, 10%~35%rF, 80%~90% rF)
	±5% rF (bei 25°C, <10% rF, >90% rF)
Temperatur: -20°C a +60°C	Auflösung : 0.1 °C
Genauigkeit:	±1 °C (-5 ~40 °C), oder ±2 °C
LED Display:	214x120mm
Speicher :	30'000 Werte
Interface:	USB
Abmessungen / Gewicht	260 x 178 x 47mm - 1 kg



8105.103 Instrument für Wandmontage:
 Feuchte, Temperatur,
 Alarm und Datalogger