

Reflow Tracker[®]

Allgemeines

BENUTZERHANDBUCH

zur Verwendung mit

insight
software

Ausgabe 3



A Fluke Company

Reflow Tracker® Allgemeines Benutzerhandbuch

zur Verwendung mit

insight
software

Ausgabe 3



Datapaq® ist weltweit führend bei der Herstellung von Geräten zur Prozesstemperaturüberwachung. Das Unternehmen wahrt diese Stellung durch ständige Weiterentwicklung seiner fortschrittlichen und leicht zu bedienenden Tracker-Systeme.

Europa und Asien

Datapaq Ltd.
Lothbury House, Cambridge Technopark
Newmarket Road
Cambridge CB5 8PB
Großbritannien
Tel. +44-(0)1223-652400
Fax +44-(0)1223-652401
Email sales@datapaq.co.uk
www.datapaq.com

Nord- und Südamerika

Datapaq, Inc.
3 Corporate Park Dr., Unit 1
Derry
NH 03038
USA
Tel. +1-603-537-2680
Fax +1-603-537-2685
Email sales@datapaq.com
www.datapaq.com

SICHERHEITSHINWEISE

Ein sicherer Umgang mit Datapaq-Geräten erfordert, dass Sie:

- die jeweils beiliegenden Anweisungen befolgen
- die Warnzeichen auf den Geräten beachten



Weist auf eine **mögliche Gefahr** hin.

Dieses Zeichen auf Datapaq-Geräten weist normalerweise auf hohe Temperaturen hin. Wenn Sie auf dieses Zeichen stoßen, lesen Sie die Erläuterungen im Handbuch nach.



Warnt vor **hohen Temperaturen**.

Wenn dieses Zeichen an Datapaq-Geräten angebracht ist, kann die Oberfläche des Geräts extrem heiß (bzw. extrem kalt) werden und Verbrennungen (bzw. Erfrierungen) verursachen.

© Datapaq Ltd., Cambridge, Großbritannien 2008

Alle Rechte vorbehalten

Datapaq Ltd. gibt keinerlei Zusicherungen oder Garantien irgendeiner Art hinsichtlich der Inhalte dieses Dokuments und schließt insbesondere jedwede implizite Garantie hinsichtlich der Verkäuflichkeit oder Eignung für irgendeinen speziellen Zweck aus. Datapaq Ltd. haftet nicht für Fehler in diesem Dokument oder für Neben- bzw. Folgeschäden in Zusammenhang mit der Lieferung, Leistung oder Verwendung der Datapaq-Software, der zugehörigen Hardware oder dem Dokument.

Datapaq Ltd. behält sich das Recht vor, dieses Dokument zu gegebener Zeit zu überarbeiten und inhaltliche Änderungen vorzunehmen. Eine Informationspflicht hinsichtlich solcher Überarbeitungen oder Änderungen besteht nicht.

Datapaq und die Datapaq Logo und Reflow Tracker sind als eingetragene Warenzeichen von Datapaq registriert. Microsoft und Windows sind eingetragene Marken der Microsoft Corporation.

Das Handbuch wurde von Duncan Brooks erstellt.
Verwendete Schrift: Gill Sans 10 Punkt.

Benutzerhandbücher sind auch in anderen Sprachen erhältlich.
Wenden Sie sich an Datapaq.

INHALT

7 Einleitung

8 Systemkomponenten

9 Hardwarekomponenten

9 Hitzeschutzbehälter

13 Thermoelemente

17 Temperaturprofil aufzeichnen

18 Messfühlerposition

19 Messfühleranbringung

22 Logger vorbereiten

22 Logger in den Hitzeschutzbehälter einbauen

23 System in den Ofen einbringen

24 Logger entnehmen und Daten herunterladen

25 Temperaturprofile prüfen

25 Reflow-Lötverfahren

26 Wellenlöten

29 Wellenlöten

30 Temperaturprofil von Wellenlötprozess aufzeichnen

33 Wellenlötprofile analysieren

35 Statistische Prozessregelung

35 Übersicht

37 Surveyor

37 Übersicht

39 Hardware: Spezifikationen und Verwendung

42 Basismessung durchführen und Toleranzen einrichten

43 Profil aufzeichnen

44 Trends und Vorhersagen mit SPC

45 *Schnelleinrichtung*

45 Übersicht

47 Ofencharakterisierung

50 Leiterplatteneinrichtung

56 Sollprofil

59 Vorhersagen

61 Fehlerbehebung

65 *Fehlerbehebung*

65 Thermoelemente überprüfen

Einleitung

Datapaq® Reflow Tracker® ist mitsamt der Insight™-Software ein umfassendes System zur Temperaturprofilüberwachung von Produkten in Reflow- und Wellenlötanlagen. Dank seiner Leistung und Flexibilität ist das Reflow-Tracker-System ein ideales Tool zur Überwachung von Prozesstemperaturen. Es gewährleistet von der Inbetriebnahme und Fehlerbeseitigung bis hin zur Prozessoptimierung eine konsistente Produktqualität und maximale Effizienz.

Reflow Tracker eignet sich auch für andere Lötanwendungen, wie z.B. Dampfphasenlötanlagen, Aushärteöfen und Reparaturplätze.

Innovative Analyseverfahren helfen bei der Erkennung von Problemen, Feinabstimmung des Prozesses und Reduzierung der Betriebskosten. Die **Telemetrieoption** (Informationen hierzu finden Sie im Loggerhandbuch) ermöglicht eine Temperaturüberwachung in Echtzeit, also während das Produkt den Ofen durchläuft. Die **statistische Prozessregelung** (SPC) ermöglicht eine einfache Analyse der Profilaufzeichnungen über die Zeit. Durch die Hervorhebung von Entwicklungen in der Prozessleistung lassen sich mögliche Probleme erkennen und lösen, bevor sie tatsächlich auftreten.

Rapid Oven Setup ist ein Zusatzmodul, mit dem sich Ihr Ofen für neue Produkte und/oder neue Lotpasten schnell und präzise einrichten lässt. Hierzu werden die Rezepte ermittelt, die zur Gewinnung eines bestimmten Temperaturprofils verwendet werden sollen. **Surveyor** ist ein Zusatzmodul, das den Vergleich von aufgezeichneten Temperaturprofilen mit dem Bezugsprofil (Basismessung) der idealen Ofenleistung ermöglicht. Der Vergleich kann von relativ unerfahrenen Mitarbeitern durchgeführt werden und dient dazu festzustellen, ob sich die Ofenleistung verschlechtert hat.

Leistungsfähige **Protokollfunktionen** ermöglichen die Erzeugung und Anpassung von Ausdrucken, in denen entweder nur einige oder alle Analyseergebnisse und Originalmesswerte enthalten sind.

Dieses Handbuch umfasst folgende Kapitel:

- Hardwarekomponenten (S. 9): Dieses Kapitel beschreibt die Hitzeschutzbehälter und Thermoelemente des Standardsystems und enthält Informationen zur Pflege und Wartung.
- Temperaturprofil aufzeichnen (S. 17): Dieses Kapitel erläutert alle Phasen der Profilgewinnung bei einem typischen Reflow-Lötprozess, einschließlich der Thermoelementpositionierung.
- Temperaturprofile prüfen (S. 25): In diesem Kapitel erfahren Sie, wie Sie Fehler im Lötprozess durch Änderungen am Temperaturprofil beheben können.

- Wellenlötten (S. 29): Dieses Kapitel beschreibt den Einsatz eines Reflow-Tracker-Systems in einem Wellenlötprozess.
- Statistische Prozessregelung (S. 35): Dieses Kapitel erläutert die Analyse von Temperaturprofilen und beschreibt, wie Trends und Probleme rechtzeitig erkannt werden.
- Surveyor (S. 37): In diesem Kapitel erfahren Sie, wie Sie eine Basismessung der Ofenleistung erstellen, um Trends zu erkennen und festzustellen, ob sich die Leistung verschlechtert hat.
- Schnelleinrichtung (S. 45): Dieses Kapitel erläutert, wie Sie den Ofen mithilfe der Rezeptvorhersage für ein neues Produkt einrichten.
- Fehlerbehebung (S. 65): Dieses Kapitel beschreibt mögliche Hardwareprobleme und deren Lösung.

Dieses Handbuch wird durch die Informationen im Loggerhandbuch ergänzt. Das Loggerhandbuch beschreibt nicht nur den Betrieb des Loggers, sondern enthält auch Informationen zu Folgendem:

- Installieren der Insight-Software und Verbinden von Logger und PC
- Rücksetzen des Loggers mit neuen Datenerfassungsparametern
- Herunterladen der erfassten Daten auf den Computer
- Verwenden der Telemetrie
- Beheben von Loggerproblemen

Umfassende Informationen zur Verwendung der Insight-Software finden Sie in der Online-Hilfe, die nach der Installation der Software verfügbar ist.

Systemkomponenten

Das Reflow-Tracker-System umfasst folgende Komponenten:

- Datenlogger mit Kommunikationskabel und Ladegerät; Logger mit Funktelemetrieoption weisen einen integrierten Sender auf
- Loggerhandbuch (abhängig vom Loggermodell)
- Empfänger (nur Funktelemetrieoption)
- Hitzeschutzbehälter – den Datenlogger während seiner Zeit in den Ofen zu schützen
- Thermoelemente
- Allgemeines Systemhandbuch zu Reflow Tracker
- Insight-Software für Reflow-Tracker-Systeme mit den optionalen Zusatzmodulen Rapid Oven Setup und Surveyor

Für die Überwachung von Wellenlötprozessen (S. 29), den Einsatz von Surveyor (S. 37) und den Einsatz des Moduls zur Schnelleinrichtung (S. 45) ist zusätzliche Hardware erhältlich.

Hardwarekomponenten

Das Reflow-Tracker-Standardsystem setzt sich aus einer oder mehreren der aufgeführten Komponenten zusammen.

Informationen zum Datenlogger und zu anderen speziellen Komponenten finden Sie in der Dokumentation, die mit der Hardware ausgeliefert wird.

Hitzeschutzbehälter

Der Hitzeschutzbehälter schützt den Datenlogger sowohl vor den Temperaturen als auch den mechanischen Einflüssen, denen er in einem Ofen für das Reflow-Löten, Wellenlöten, Dampfphasenlöten und in Aushärteöfen ausgesetzt ist.

Für die verschiedenen Logger und Einsatzgebiete stehen unterschiedliche Hitzeschutzbehälter zur Verfügung. Spezifikationen zu den Hitzeschutzbehältern, die mit dem Logger vom Typ Datapaq Q18 eingesetzt werden können, finden Sie unten. Bei diesen Behältern wird der Hitzeschutz in erster Linie durch eine Microtherm-Isolierung erzielt.

Behälter für Q18-Logger (DQ1860), 6 Kanäle

TB2064 – Niedrige Hitzeschutzbehälter

Temp °C	100	150	200	250	280
Dauer (Minuten)	25	12	9	8	6
Abmessungen	Höhe 20 mm	Breite 133 mm	Länge 210 mm	Gewicht 0.6 kg	

TB2015 – Für die meisten Reflow-Lötprozesse, einschließlich bleifreie Prozesse

Temp °C	100	150	200	250	280
Dauer (Minuten)	32	16	13	10	9
Abmessungen	Höhe 25 mm	Breite 133 mm	Länge 210 mm	Gewicht 0.7 kg	

TB2065 – Erhöhte Schutzfunktion für häufigen Einsatz oder Prozesse langer Dauer

Temp °C	100	150	200	250	280
Dauer (Minuten)	35	18	13	11	10
Abmessungen	Höhe 29 mm	Breite 133 mm	Länge 210 mm	Gewicht 0.7 kg	



Einige verfügbare Hitzeschutzbehälter für Logger vom Typ DataPaq Q18.

Narrow Behälter für Q18-Logger (DQ1862), 6 Kanäle Extrem schmale

TB2020 – Niedrige Hitzeschutzbehälter

Temp °C	100	150	200	250	280
Dauer (Minuten)	25	13	10	8	7
Abmessungen	Höhe 28 mm	Breite 84 mm	Länge 223 mm	Gewicht 0.5 kg	

TB2021 – Für die meisten Reflow-Lötprozesse, einschließlich bleifreie Prozesse

Temp °C	100	150	200	250	280
Dauer (Minuten)	36	18	13	11	10
Abmessungen	Höhe 35 mm	Breite 84 mm	Länge 223 mm	Gewicht 0.65 kg	

Behälter für Q18-Logger (DQ1861), 6 Kanäle Extrem schmale

Schmale Behälter, optional mit je einer Halterung pro Seite für die Positionierung an der Transportvorrichtung des Reflow-Lötofens.

TB2066 – Niedrige Hitzeschutzbehälter

Temp °C	100	150	200	250	280
Dauer (Minuten)	21	11	8	6	6
Abmessungen	Höhe 20 mm	Breite 88 mm	Länge 334 mm	Gewicht 0.65 kg	

TB2067 – Für die meisten Reflow-Lötprozesse, einschließlich bleifreie Prozesse

Temp °C	100	150	200	250	280
Dauer (Minuten)	28	15	11	10	8
Abmessungen	Höhe 25 mm	Breite 88 mm	Länge 334 mm	Gewicht 0.75 kg	

TB2068 – Erhöhte Schutzfunktion für häufigen Einsatz oder Prozesse langer Dauer

Temp °C	100	150	200	250	280
Dauer (Minuten)	32	18	13	11	10
Abmessungen	Höhe 29 mm	Breite 88 mm	Länge 334 mm	Gewicht 0.8 kg	

Behälter für Q18-Logger (DQ1810), 10 Kanäle

Schmale Behälter, optional mit je einer Halterung pro Seite für die Positionierung an der Transportvorrichtung des Reflow-Lötovens.

TB2061 – Niedrige Hitzeschutzbehälter

Temp °C	100	150	200	250	280
Dauer (Minuten)	25	13	10	8	7
Abmessungen	Höhe 28 mm	Breite 88 mm	Länge 258 mm	Gewicht 0.6 kg	

TB2062 – Für die meisten Reflow-Lötprozesse, einschließlich bleifreie Prozesse

Temp °C	100	150	200	250	300
Dauer (Minuten)	36	18	13	11	10
Abmessungen	Höhe 35 mm	Breite 88 mm	Länge 258 mm	Gewicht 0.7 kg	

Behälter für Q18-Logger (DQ1812), 12 Kanäle

Schmale Behälter, optional mit je einer Halterung pro Seite für die Positionierung an der Transportvorrichtung des Reflow-Lötovens.

TB2081 – Niedrige Hitzeschutzbehälter

Temp °C	100	150	200	250	280
Dauer (Minuten)	25	13	10	8	7
Abmessungen	Höhe 28 mm	Width 88 mm	Länge 274 mm	Gewicht 0.6 kg	

TB2082 – Für die meisten Reflow-Lötprozesse, einschließlich bleifreie Prozesse

Temp °C	100	150	200	250	300
Dauer (Minuten)	36	18	13	11	10
Abmessungen	Höhe 35 mm	Breite 88 mm	Länge 274 mm	Gewicht 0.7 kg	

Thermoelemente

Thermoelemente nutzen den im 19. Jahrhundert von Seebeck entdeckten thermoelektrischen Effekt. Danach entsteht in jedem elektrisch leitfähigem Material, das unterschiedliche Temperaturen aufweist, eine Ursprungsspannung (EMK). Die tatsächlich gemessene Spannung ist proportional zu der Temperaturdifferenz, die zwischen der „warmen“ und der „kalten“ Lötstelle des Thermoelements besteht. (Die „warme“ Lötstelle ist die Messstelle und wird mit dem zu messenden Objekt in Wärmekontakt gebracht, die „kalte“ Lötstelle ist die Vergleichsstelle und wird konstant auf einer Referenztemperatur gehalten.)

Der Einsatz von Thermoelementen erfordert eine hochentwickelte Elektronik, damit Fehler bei der Messung der Spannung vermieden werden. Mögliche Fehler beinhalten eine geringe Linearität über den Messbereich und Ungenauigkeiten aufgrund von Temperaturschwankungen an der Vergleichsstelle. Um diesen möglichen Fehlern Rechnung zu tragen, muss die Elektronik des Messsystems an der Vergleichsstelle eine Temperatur von 0 °C simulieren und gleichzeitig jegliche Nichtlinearität über den Temperaturbereich des Thermoelements ausgleichen.

Im Laufe der Jahre wurden „Standardthermoelemente“ auf der Basis von Materialien entwickelt, die aufgrund ihrer Empfindlichkeit, ihrer Linearität (konstante Empfindlichkeit über den auftretenden Temperaturbereich), ihres Preises und ihrer Verfügbarkeit ausgewählt wurden. Die derzeit als Standard verwendeten Thermoelemente umfassen die Typen K, N, R, S und T, wobei jeder Typ durch die Farbe des Steckers gekennzeichnet ist. Die Standardthermoelemente für Reflow-Lötprozesse sind vom Typ K.

Alle Reflow-Tracker-Systeme werden mit einem Satz PTFE-isolierter Thermoelemente (Artikelnr. PA0210) ausgeliefert. Weitere verfügbare Thermoelemente sind:

- glasfaserisolierte Thermoelemente für hohe Temperaturen (PA0215)
- dünne Thermoelemente für BGA-Gehäuse (PA1683)
- spezielle Thermoelemente für Messrahmen (PA1320, PA1321)

Alle Thermoelemente haben einen Stecker vom Typ K.

Thermoelementspezifikationen

Messfühler- typ	Temperatur- bereich	Kabel- isolierung	Genauigkeit der von Datapaq gelieferten
K	-150°C bis 1,370°C	Glasfaser, oder PTFE	(0 bis 1.250 °C) $\pm 1,1$ °C oder $\pm 0,4$ %; je nachdem, welcher Wert größer ist

Die Präsenz eines Messfühlers am Produkt wirkt sich auf die thermisch wirksame Masse des Produkts aus, da es – zwar nur leicht – den Erwärmungs- und Abkühlungsgrad des Produkts verändert. Um die thermisch wirksame Masse des Messfühlers und somit seine Auswirkung auf das Produkt so gering wie möglich zu halten, bestehen die im Lieferumfang des Reflow-Tracker-Systems enthaltenen Thermoelemente vom Typ K aus 0,2-mm-Draht.

Thermoelementkabel

Die tatsächliche Betriebstemperatur der Thermoelemente ist durch die Temperaturkenngößen des für die Kabel verwendeten Isoliermaterials begrenzt.

Messfühler, die mit **dünnem Glasfaser** isoliert und mit einem Silikonharz-Bindemittel imprägniert sind, eignen sich für den Dauerbetrieb bei Temperaturen bis 500 °C und für den kurzfristigen Betrieb bei Temperaturen bis 700 °C. Diese Messfühler **sollten verwendet werden, wenn die Messfühlerkabel den Infrarot-Heizelementen sehr nahe kommen können.**

Messfühler mit **PTFE-Isolierung** (PTFE = Polytetrafluorethylen) eignen sich für allgemeine Anwendungen bis 260 °C. PTFE ist ein widerstandsfähiges, biegsames und nicht haftendes Material. Dies ist die Standardisolierung für Oven-Tracker-Anwendungen. Sie eignet sich jedoch nicht, wenn es vorkommen kann, dass sich die Kabel in unmittelbarer Nähe der Heizelemente befinden, insbesondere wenn es sich um Infrarot-Heizelemente handelt.

VORSICHT

PTFE ist nicht brennbar, doch bei Temperaturen über 265 °C tritt eine Zersetzung ein, bei der kleine Mengen an giftigen Gasen frei werden.

Bei der thermischen Zersetzung von PTFE werden folgende Spaltprodukte freigesetzt:

Bei Temperaturen über	Produkt
400°C	Siehe Hinweis*
430°C	Tetrafluorethylen
440°C	Hexafluorpropylen
475°C	Perfluorisobutylen
500°C	Carbonylfluorid*, das sich in feuchter Luft in das Sauer gas Fluorwasserstoff umwandelt

* Carbonylfluorid kann auch entstehen, wenn das PTFE-Band über längere Zeit einer Temperatur von 400 °C ausgesetzt wird.

Gesundheitsgefährdung

- Das Einatmen der Spaltprodukte von PTFE kann Polymerenfieber verursachen, eine Krankheit mit denselben Symptomen wie Grippe.
- Die Einnahme von bzw. der Hautkontakt mit PTFE verursachen keinerlei gesundheitliche Schäden.
- Es gibt keinerlei Gesundheitszustände, die sich generell durch den Kontakt mit PTFE verschlimmern.

Notfall- und Erste-Hilfe-Maßnahmen

- Bei Unfällen mit PTFE-Gasen die betroffene Person aus dem Gefahrenbereich entfernen.
- Bei der Gefahrenbekämpfung sind Sauerstoffgerät und Schutzkleidung zu tragen.

Temperaturprofil aufzeichnen

Die Aufzeichnung eines Temperaturprofils kann auf zwei Arten erfolgen:

- **ohne Telemetrie** – Nachdem Produkt und Logger den Ofen durchlaufen haben, werden die Daten auf den Computer heruntergeladen, um sie in der Insight-Software von Datapaq anzuzeigen und zu analysieren.
- **mit Telemetrie** – Während der Logger die Temperaturwerte des Produkts innerhalb des Ofens erfasst, werden sie entweder über ein Verbindungskabel (**serielle Telemetrie**) oder über einen Funksender/-empfänger (**Funktelemetrie**) direkt auf den Computer übertragen. Sie können zuschauen, wie das Temperaturprofil während der Erfassung, also in Echtzeit, Form annimmt.

Dieses Kapitel beschreibt alle Schritte, die zur Profilaufzeichnung einer Leiterplatte ohne Telemetrie während des Ofendurchlaufs notwendig sind: von der Positionierung der Messfühler bis zum Herunterladen der Daten in die Software.

Informationen zur Aufzeichnung eines Temperaturprofils in einem Wellenlötöfen finden Sie auf S. 30.

Bevor Sie die Leiterplatte und den Datenlogger durch den Ofen schicken, müssen Sie den Datenlogger über die Insight-Software von Datapaq rücksetzen, um ihn für den Empfang neuer Daten vorzubereiten. Nach der Entnahme des Loggers aus dem Ofen müssen Sie die Profildaten mithilfe der Insight-Software herunterladen und auf Datenträger speichern. Dieser Vorgang unterteilt sich wie folgt:

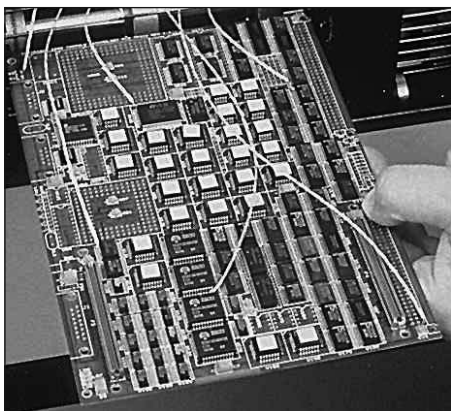
- Auswahl der Positionen und Anbringung der Thermoelemente
- Einrichtung der Kommunikation zwischen Datenlogger und Computer (falls noch nicht für eine vorherige Profilaufzeichnung erfolgt)
- Rücksetzen des Datenloggers, sodass er für den Empfang neuer Daten bereit ist; beim Rücksetzen können Sie auch den Messtakt und den Trigger-Modus für den Start der Datenerfassung einstellen sowie den Batteriestand des Loggers prüfen
- Einbringen des Loggers in den Hitzeschutzbehälter
- Durchführung eines Ofendurchlaufs mit Leiterplatte und Logger/ Hitzeschutzbehälter
- Herunterladen der Daten aus dem Logger in die Insight-Software

- Einstellen der Ofenstartposition in den Daten (falls notwendig)
- Hinzufügen von zusätzlichen Informationen, die mit den Profildaten erfasst werden sollen

Anschließend können die Profildaten mit der Insight-Software analysiert werden.

Messfühlerposition

Unabhängig vom Heizverfahren haben die thermisch wirksame Masse der Leiterplatte, der Leiterbahnen und der Bauelemente einen beträchtlichen Einfluss auf die Zeit, die von den einzelnen physischen Elementen benötigt wird, um eine bestimmte Temperatur zu erreichen. Die Positionierung der Messfühler ist somit entscheidend, wenn gewährleistet werden soll, dass alle wichtigen Teile der Leiterplatte ein vorgegebenes Temperaturprofil erzielen. Die Vorgabe basiert meist auf Angaben der Lotpastenhersteller.



An Leiterplatte und Bauelementen angebrachte Messfühler.

Wichtige Faktoren

- Große Flächen absorbieren mehr Wärme und brauchen länger, bis sie die Aufschmelztemperatur erreichen, als schmale Leiterbahnen.
- Große QFP- und BGA-Gehäuse absorbieren viel Wärme. Sie sind auch anfälliger für Schäden durch Hitzeschock als die meisten anderen Bauelemente.
- Große SMD-Bauteile können die Leiterbahnen, an denen Sie angelötet werden sollen, überschatten.
- Die Ränder der Leiterplatte erwärmen sich schneller als die Mitte.

- Liegt eine homogene Leiterbahndichte vor? Falls ja, kann die Erwärmung gleichmäßiger erfolgen. Falls nicht, können kalte und warme Stellen lokalisiert werden.
- Handelt es sich um eine doppelseitige Leiterplatte? Falls ja, muss sie den Ofen eventuell zweimal durchlaufen. Dabei muss die Unterseite der Platine unterhalb der Aufschmelztemperatur gehalten werden, da ansonsten die Lötbarkeit verloren gehen, eine Entnetzung eintreten und Bauelemente abfallen könnten.
- Handelt es sich um eine Mehrlagenleiterplatte? Falls ja, enthält sie wahrscheinlich mehr Kupfer und erfordert daher mehr Wärme. Andererseits kann sie sich gleichmäßiger erwärmen.

Typische Messfühlerpositionen

- Stellen, die wahrscheinlich den schnellsten Temperaturanstieg erfahren werden, z.B. Leiterplattenränder und/oder Bauelemente mit geringer thermisch wirksamer Masse
- Stellen mit hoher thermisch wirksamer Masse, die möglicherweise mehr Zeit benötigen, um die Aufschmelztemperatur zu erreichen
- Stellen, die von großen Bauelementen überschattet werden, z.B. Leiterbahnen unter großen QFP- und BGA-Gehäusen, die möglicherweise mehr Zeit benötigen, um die Aufschmelztemperatur zu erreichen. Beachten Sie, dass die Kabel eventuell durch ein Loch zur Unterseite der Leiterplatte verlaufen müssen.
- Unterseite der doppelseitigen Leiterplatte
- Um die Zuverlässigkeit und Wiederholbarkeit der Profilaufzeichnung zu gewährleisten, sollte idealerweise von jeder Leiterplatte ein Testmuster mit permanent angebrachten Thermoelementen speziell zu diesem Zweck aufbewahrt werden.

Aufgrund von Trockenvorgängen und leichten Veränderungen in der Farbe findet mit jedem Ofendurchlauf eine geringe Veränderung der thermischen Eigenschaften der als Testmuster verwendeten Leiterplatten statt. Leiterplatten, deren Farbe sich deutlich geändert hat, müssen ausrangiert und ersetzt werden.

Messfühleranbringung

Ein guter Wärmekontakt zwischen Messfühler und Produkt ist notwendig, wenn der Messfühler die Produkttemperatur präzise widerspiegeln soll. Ein schlechter Wärmekontakt wird im günstigsten Fall dazu führen, dass das Produkt die Wärme langsamer an den Messfühler abgibt, und im ungünstigsten Fall, dass der Messfühler nicht die Temperatur des Elements erreicht, an dem er befestigt ist.

Informationen zur Messfühlerpositionierung im Zusammenhang mit der Profilaufzeichnung finden Sie im Dokument „A code of practice for thermal profiling of electronic assemblies“ (Richtlinien für die Aufzeichnung von Temperaturprofilen elektronischer Baugruppen) vom National Physical Laboratory (UK) unter www.npl.co.uk/ei/publications/codeofpractice.html

Siehe auch NPL-Bericht MATC(A)50 „Thermal profiling of electronic assemblies“ (Aufzeichnung von Temperaturprofilen elektronischer Baugruppen) unter http://libsvr.npl.co.uk/npl_web/search.htm

Bewährtes Verfahren

- Stellen Sie sicher, dass die Messfühlerenden sauber sind, bevor Sie sie an der Leiterplatte oder dem Bauelement anbringen.
- Sichern Sie die Messfühler über die gesamte Länge, damit sie nicht verrutschen, sich nicht um Elemente im Ofen wickeln können, das Produkt nicht zu sehr bedecken und sich nicht zu nah an den Heizelementen befinden, um nicht zu hohen Temperaturen ausgesetzt zu werden.
- Verwenden Sie eine Glasfaserisolierung, wenn die Thermoelementkabel den Infrarot-Heizelementen nahe kommen oder höheren Temperaturen als 260 °C ausgesetzt werden.

Anbringungsarten

Im Folgenden sind die Hauptanbringungsarten aufgeführt.

Hochschmelzendes Lot

- Beste Wiederholbarkeit, ist jedoch schwer durchzuführen
- Wird bei Anbringung von Metall auf Metall empfohlen

Zur Anbringung der Thermoelemente an die Anschlussbeine der Bauelemente und an die Leiterbahnen wird ein hochschmelzendes Lot eingesetzt. Es schmilzt bei einer Temperatur, die weit über der Aufschmelztemperatur liegt. So wird sichergestellt, dass das Thermoelement nicht verrutscht.

Für die erfolgreiche Anbringung muss jegliches niedrigschmelzende Lot entfernt werden, damit das hochschmelzende Lot auf das zu verbindende Metall aufgebracht werden kann. Verwenden Sie so wenig Lot wie möglich und gehen Sie wie folgt vor:

1. Entfernen Sie jegliches niedrigschmelzende Lot. Säubern Sie das Thermoelement und verzinnen Sie es mit hochschmelzendem Lot. Säubern Sie die Stelle (Anschlussbein des Bauelements bzw. Leiterbahn), an der das Thermoelement angebracht werden soll. Verzinnen Sie diese Stelle mit hochschmelzendem Lot.

2. Löten Sie das Thermoelement an. Verwenden Sie dabei so wenig hochschmelzendes Lot wie für eine zufriedenstellende Verbindung nötig ist. Stellen Sie sicher, dass das Kabel flach über die Leiterplatte verläuft.

SMT-Kleber

- Gute Ergebnisse
- Einfacher durchzuführen als das Anlöten, der Klebstoff muss jedoch aushärten

Die besten Ergebnisse werden wie folgt erzielt:

1. Formen Sie das Thermoelementkabel vor und befestigen Sie es mit hitzebeständigem Band an der Leiterplatte. Stellen Sie sicher, dass ein guter Kontakt zwischen Thermoelementende und der zu messenden Stelle besteht.
2. Bringen Sie einen kleinen Tropfen des SMT-Klebers auf das Thermoelementende auf.
3. Befolgen Sie die Angaben des Herstellers in Bezug auf die korrekte Aushärtung des Klebers. Die meisten SMT-Kleber werden mit Wärme ausgehärtet. Zu diesem Zweck können Sie vor dem ersten Erfassungslauf einen Ofendurchlauf mit der Leiterplatte durchführen.

Hitzebeständiges Klebeband

- Kurzfristige Möglichkeit, die Kabel auf der Leiterplatte in Position zu halten; nur für einmalige Durchläufe
- Ermöglicht bei gleichzeitiger Verwendung von Aluminiumband eine angemessene Anbringung, wenn hochschmelzendes Lot oder SMT-Kleber nicht verwendet werden kann

Hitzebeständiges Klebeband (Kapton) wird zur Bändigung der Thermoelementkabel empfohlen, wenn diese über die Leiterplatte verlaufen (siehe unten), jedoch nicht, um die Thermoelemente an der Messstelle zu befestigen. Die Anbringung wird jedoch durch die Verwendung eines selbsthaftenden Aluminiumbandes verbessert, das dem Thermoelementende entsprechend angepasst wird. Ein darüber angebrachtes hitzebeständiges Band hält das Ganze während der Profilaufzeichnung in Position.

Kabel bändigen

Die Thermoelementkabel müssen vom Anbringungspunkt zur Rückseite der Leiterplatte geführt werden, damit der Datenlogger der Leiterplatte durch den Ofen folgen kann.

1. Führen Sie die Thermoelemente von deren Anbringungspunkte zur Rückseite der Leiterplatte.

2. Befestigen Sie die Thermoelementkabel in Abständen mit hitzebeständigem Band auf der Leiterplatte.

Logger vorbereiten

Wird der Datenlogger zum ersten Mal mit einem Computer verbunden, müssen die Kommunikationsparameter festgelegt werden. Der Logger muss vor der Profilaufzeichnung zurückgesetzt werden, damit die Datenerfassungsparameter definiert werden können (nicht notwendig, wenn die Parameter des vorherigen Laufs verwendet werden sollen). Dies erfolgt über die Insight-Software. Falls unklar ist, ob der Batteriestand für die Profilaufzeichnung ausreichend ist, empfehlen wir, den Batteriestand über einen Rücksetzvorgang zu prüfen.

Informationen zur Vorgehensweise finden Sie im Loggerhandbuch oder in der Hilfe der Insight-Software. Achten Sie darauf, dass der Logger vor dem nächsten Gebrauch auf unter 35 °C abkühlt. Bei dieser Temperatur lässt er sich problemlos ohne Handschuhe in die Hand nehmen.

Logger in den Hitzeschutzbehälter einbauen

Stellen Sie sicher, dass der Hitzeschutzbehälter genügend abgekühlt ist.

1. Schließen Sie die Thermoelemente an die nummerierten Buchsen des Datenloggers an. Stellen Sie bei Verwendung einer Prozessdatei sicher, dass die Ziffern der Messfühler und der Buchsen am Logger mit den jeweiligen Ziffern übereinstimmen, die zur Definition der Messfühler und deren Position verwendet wurden. (Informationen zu Prozessdateien finden Sie in der Online-Hilfe der Insight-Software. Drücken Sie die Funktionstaste F1 bzw. wählen Sie aus dem Menü Hilfe > Inhalt und klicken Sie auf den Abschnitt Prozessdateien: Ofen, Rezept, Produkt.)
2. Stellen Sie sicher, dass die Berührungsflächen des Behälters sauber und einwandfrei sind. Die Stelle, an



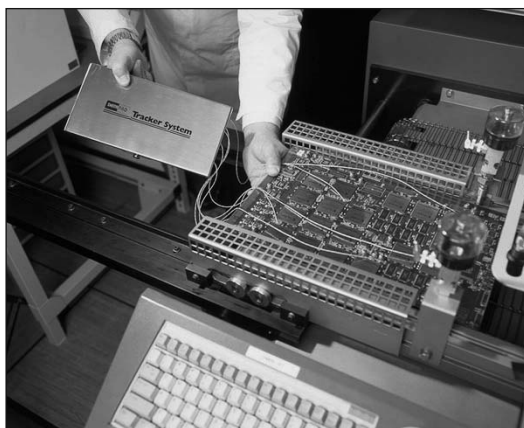
Logger im Hitzeschutzbehälter.

der das Thermoelementkabel aus dem Hitzeschutzbehälter austritt, muss dicht sein, damit der Schutz des Datenloggers gewährleistet ist. Legen Sie den Logger in den Behälter und die Thermoelementkabel über das Dichtungsmaterial. Achten Sie darauf, dass die Kabel an den Aussparungen aus dem Behälter austreten.

3. Wurde der Trigger-Modus Starttaste gewählt, halten Sie die Starttaste ca. 1 Sekunde lang gedrückt, bis die grüne LED im Messtakt blinkt.
4. Schließen Sie den Deckel und achten Sie darauf, dass er einrastet.

System in den Ofen einbringen

1. Legen Sie die mit den Messfühlern bestückte Leiterplatte auf das Transportsystem des Ofens, wobei sich die Thermoelementkabel hinten befinden.
2. Achten Sie sorgfältig auf die Thermoelementkabel, wenn die Leiterplatte dem Ofen zugeführt wird, und stellen Sie sicher, dass die Kabel sich im Ofen nicht verheddern.



Mit Messfühlern bestückte Leiterplatte auf ihrem Weg in den Ofen (rechts) mit nachfolgendem Datenlogger.

3. Legen Sie den Hitzeschutzbehälter mitsamt Logger in einiger Entfernung zur Leiterplatte auf das Transportsystem, damit die thermisch wirksame Masse sich nicht auf die Erwärmung und Abkühlung der Leiterplatte auswirkt.

Logger entnehmen und Daten herunterladen

VORSICHT

*Sowohl Hitzeschutzbehälter als auch Logger werden **heiß** sein. Tragen Sie Schutzhandschuhe.*

Entnehmen Sie das System aus dem Ofen, sobald der Durchlauf abgeschlossen ist. Öffnen Sie den Hitzeschutzbehälter und **entnehmen Sie den Logger**.

Wird der Datenlogger nicht rechtzeitig aus dem heißen Hitzeschutzbehälter entnommen, kann dies zu Schäden am Logger führen.

Wird der Behälter auf eine kalte Fläche gestellt, kühlt er schneller ab. Es empfiehlt sich, einen zusätzlichen Behälter vorrätig zu haben, für den Fall, dass der Zeitraum zwischen den Durchläufen für eine Abkühlung nicht ausreicht.

Muss die **Datenerfassung manuell gestoppt** werden, halten Sie die rote Stoptaste am Logger gedrückt, bis die rote und die grüne LED am Logger gleichzeitig leuchten. Eine im 5-Sekundentakt blinkende rote LED gibt an, dass im Logger Daten gespeichert sind, die noch nicht auf den Computer heruntergeladen wurden.

Laden Sie die Daten aus dem Logger in die Insight-Software auf dem Computer. Informationen zur Vorgehensweise finden Sie im Loggerhandbuch oder in der Hilfe der Insight-Software (wählen Sie hierzu aus dem Menü Hilfe > Inhalt).

Weitere Informationen zur Insight-Software – insbesondere zur Datenanalyse und Verwendung von Paq-Dateien – finden Sie in der Online-Hilfe.

Temperaturprofile prüfen

Die folgenden Informationen erheben keinen Anspruch auf Vollständigkeit, sondern dienen lediglich dazu, einige mögliche Fehler im Zusammenhang mit mangelhaften Profilen aufzuzeigen.

Reflow-Lötverfahren

Die zwei gebräuchlichsten Profilverläufe beim Reflow-Löten sind das Sattelpprofil und das Linearprofil. Das Sattelpprofil wurde entwickelt, als die Ofenleistung eine lange Haltezeit erforderte. Die Haltezeit war notwendig, damit alle Bauelemente unabhängig von ihrer thermisch wirksamen Masse dieselbe Temperatur erreichten, bevor ein weiterer Temperaturanstieg auf Reflow-Temperatur erfolgte. Dank der verbesserten Ofenleistung kann die Temperatur nun konstant ansteigen bis die Reflow-Temperatur erreicht ist. Ein solches Linearprofil ist in der Regel einfacher einzurichten und verhindert den zweifachen Hitzeschock, dem kleine Bauelemente im Zusammenhang mit dem Sattelpprofil ausgesetzt sein können.

Der Einsatz bleifreier Lote erfordert jedoch höhere Löttemperaturen. Aufgrund der höheren Temperaturen und der großen Unterschiede in der thermisch wirksamen Masse moderner SMT-Bauelemente ist das Sattelpprofil oft immer noch die beste Lösung. In diesem Fall muss das Temperaturprofil sorgfältig eingerichtet werden, damit sowohl die Angaben der Lotpastenhersteller als auch die lotabhängigen Aspekte der Bauelementspezifikationen berücksichtigt werden.

Im Folgenden sind einige Lötfehler aufgelistet, die durch falsche Temperaturprofile verursacht werden:

- **Lötvorgang unvollständig**

Hierfür gibt es zahlreiche Ursachen. Ein Grund ist, dass nicht genug Wärme auf die Lötverbindung einwirkt. Dies ist normalerweise auf eine zu geringe Temperatur vor der Reflow-Zone oder auf eine zu geringe Haltezeit über der Liquidustemperatur des Lots zurückzuführen.

- **Grabsteineffekt**

Ein drahtanschlussloses Bauelement stellt sich an einer Seite während des Lötens auf, weil die zwei Enden ungleichmäßig benetzt wurden. Dies kann durch viele Faktoren wie z. B. das Lötäugendesign und das Bauelementlayout verursacht werden. Um ein gleichzeitiges Anlöten beider Bauelementenden sicherzustellen, muss das Profil angepasst werden, sodass der Erwärmungsgrad bei Erreichen der Liquidustemperatur auf ein Minimum reduziert wird.

- **Lageungenauigkeit von gelöteten Bauelementen**

Dieser weniger schwerwiegende Fehler hat dieselben Ursachen wie der Grabsteineffekt und kann daher mit denselben Lösungen behoben werden. Eine vorsichtige Profilaufzeichnung mit vielen Thermoelementen im betroffenen Bereich kann große Temperaturunterschiede in diesem Bereich aufdecken. Diese Unterschiede lassen sich verringern, wenn die Baugruppe den Prozess mit einer anderen Ausrichtung durchläuft.

- **Risse im Bauelement/mechanischer Fehler**

Das Reißen oder Brechen kleiner keramischer Bauelemente kann auf zu schnelle Temperaturunterschiede beim Erwärmen oder Abkühlen zurückzuführen sein. Stellen Sie mithilfe der Insight-Software den Spitzengradienten (Temperaturgradient) fest und vergleichen Sie ihn mit den Grenzwerten, die vom Bauelementhersteller angegeben wurden. Diese Grenzwerte können sich sehr wohl von den Grenzwerten des Lotpastenherstellers unterscheiden.

- **Lotkugel-/Lotperlenbildung**

Wird häufig durch überschüssige Lotdepots verursacht, die beim Erhitzen des Produkts ausgasen. Eine Verbesserung tritt ein, wenn Sie die Geschwindigkeit des Temperaturanstiegs in der Anstiegszone reduzieren.

- **Geringe Benetzung der Lötverbindungen**

Die Anschlüsse und/oder Lötäugen können vor Erreichen der Liquidustemperatur oxidieren. Auslöser kann eine falsche Wärmeeinwirkung auf die Baugruppe sein. Der Fehler lässt sich durch eine kürzere Haltezeit im mittleren Bereich des Temperaturprofils oder durch geringere Temperaturen in diesem Bereich beheben.

- **Blasenbildung**

Blasen werden durch Ausgasung der Lösungsmittel in der Lotpaste oder durch Lufteinschlüsse in den Kontaktlöchern der Lötäugen verursacht. Eine Verbesserung tritt bei Änderungen am Temperaturprofil ein. Reduzieren Sie entweder die Lötzeit oder die Anstiegsgeschwindigkeit.

Wellenlöten

Der Wellenlötprozess (S. 29) ist gut bekannt und bietet eine größere Toleranz als das Reflow-Löten. Im Folgenden sind einige der häufigsten Verfahrensfehler aufgelistet, die durch das Temperaturprofil verursacht werden können. Umfassendere Informationen erhalten Sie über die Websites der großen Anbieter von Wellenlötanlagen wie Vitronics Soltec oder Electrovert.

- **Unzureichender Lotfluss**

Dieser Fehler tritt auf, wenn das Lot nicht genug Zeit hatte, in die Löcher um die Anschlüsse des Bauelements einzudringen. Es gibt zahlreiche Ursachen für diesen Fehler. Profilabhängige Fehler könnten jedoch eine unzureichende Flussmittelaktivierung aufgrund geringer Vorheiztemperaturen

oder eine unzureichende Kontaktdauer mit der Welle sein. In beiden Fällen empfehlen wir, das Profil mit den empfohlenen Zeit-/Temperaturangaben abzugleichen. In der Vorheizzone müssen Sie die auf das Produkt einwirkenden Temperaturen in dem Bereich prüfen, in dem der Fehler auftritt, denn die Größe und die Platzierung des Bauelements können sich auf die erreichte Temperatur auswirken.

- **Lotkugel-/Lotperlenbildung**

Für diesen Fehler kommen viele Ursachen in Frage. Eine Ursache, die im Zusammenhang mit dem Temperaturprofil steht, ist die unzureichende Flussmittelaktivierung. In diesem Fall müssen Sie die Vorheiztemperatur erhöhen, um die Pastenaktivierung in Übereinstimmung mit den Herstellerempfehlungen zu steigern.

- **Risse im Bauelement**

Die wahrscheinlichste Ursache für diesen Fehler ist eine zu schnelle Temperaturänderung beim Übergang von der Vorheizzone in die Welle. Nach dem Kontakt mit der Welle ist normalerweise keine Abkühlung erforderlich, sodass der Temperaturunterschied hier von geringerer Bedeutung ist.

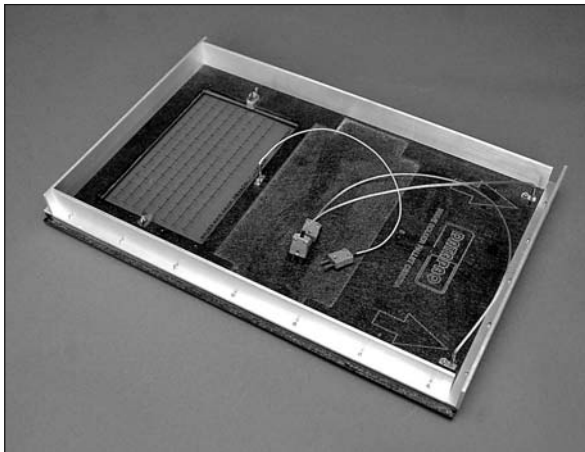
- **Erneutes Schmelzen der oberen SMD-Verbindungen**

Wenn das Lot an den oberen Komponenten beim Wellenlöten erneut schmilzt, wirkt sich dies negativ auf die Qualität der SMD-Lötverbindungen aus. Dieses Problem lässt sich lösen, wenn Sie die gesamte Wärmeeinwirkung auf die Leiterplatte beim Löten reduzieren. Dies erreichen Sie durch eine geringere Löttemperatur und durch Anpassung der Vorheiztemperatur.

Wellenlötén

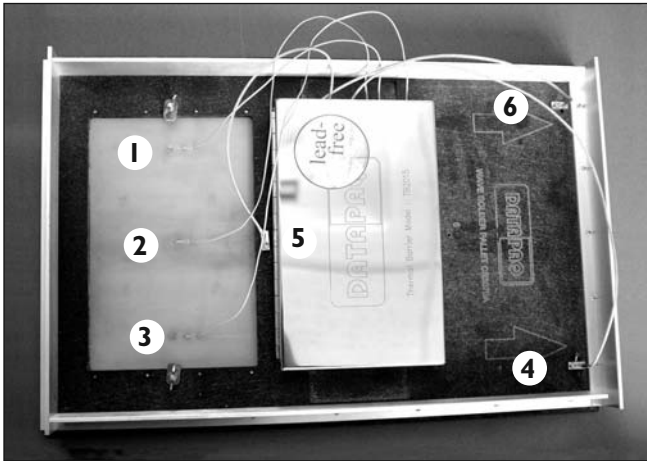
Das Tracker-System von Datapaq und die Insight-Software können sowohl mit Reflow-Öfen als auch mit Wellenlötöfen eingesetzt werden.

Im Wellenlötssystem wird der Logger (im Hitzeschutzbehälter) in die mittlere Aussparung eines flachen Messrahmens (Artikelnr. CS3070) eingebracht und durch den Ofen geschickt. Am Messrahmen sind drei Thermoelmente fest angebracht. Sie messen die Bedingungen der Welle. Hierzu gehören die Ofengeschwindigkeit, die Kontaktlänge der Lotwelle und somit auch die Kontaktzeit des Lotes. Diese Informationen nutzt die Insight-Software, um das entsprechende Temperaturprofil zu analysieren. Zwei der Thermoelmente befinden sich vor dem Logger (treten zuerst in den Ofen ein) und ein Thermoelement befindet sich dahinter links auf dem Messrahmen. Die Thermoelementtiefe kann geändert werden, um die Eintauchtiefe in die Lotwelle anzupassen und die entsprechende Kontaktzeit zu messen.



Messrahmen mit Prüfglas und drei permanent angebrachten Thermoelmenten.

In der Standardausführung befindet sich auf dem hinteren Teil des Messrahmens eine Testplatine mit drei zusätzlichen Thermoelmenten. Diese Thermoelmente erfassen ebenfalls Daten zu den Bedingungen in der Vorheizzone. Diese Informationen stehen dann auch für die Analysen der Insight-Software zur Verfügung. Die drei zusätzlichen Thermoelmente können statt an der Testplatine auch an einer tatsächlichen Leiterplatte angebracht werden. Der Messrahmen kann auch mit einem Prüfglas im hinteren Teil ausgeliefert werden. Dieses Glas ermöglicht eine Sichtprüfung der Lotwelle, wenn sie mit der Unterseite des Rahmens in Berührung kommt.



Messrahmen mit Testplatine (links) und Hitzeschutzbehälter (Mitte); alle sechs Thermoelemente (siehe Text) sind mit dem Logger im Behälter verbunden; der Messrahmen durchläuft den Ofen von links nach rechts.

Das System kann das Profil eines Wellenlötprozesses auch ohne Messrahmen aufzeichnen. Dabei werden die Thermoelemente wie beim Reflow-Löten ausschließlich am Produkt angebracht.

Für das Aufzeichnen von Wellenlötprofilen können nur Logger vom Typ Datapaq 9000 oder Q18 eingesetzt werden.

Temperaturprofil von Wellenlötprozess aufzeichnen

Die Profilaufzeichnung gliedert sich wie folgt.

Profilaufzeichnung festlegen

Damit die Insight-Software die korrekte Analyse durchführt, müssen Sie die Profilaufzeichnungsmethode angeben:

- Reflow-Löten (Aufschmelzen)
- Wellenlöten (mit Produkt oder Teststück, aber ohne Messrahmen)
- Wellenlöten mit Messrahmen (Messrahmen mit oder ohne Testplatine)

Bei der Profilaufzeichnung eines Wellenlötprozesses (ohne Messrahmen) werden nur die Daten analysiert, die mit den Thermoelementen an der Unterseite der

Leiterplatte erfasst werden. Dies sind also die Thermoelemente, die mit der Lotwelle in Berührung kommen. Diese Thermoelemente müssen Sie angeben.


Die Profilaufzeichnungsmethode (für Wellenlötprofil) und die Nummern der verwendeten Thermoelemente legen Sie am besten mithilfe einer Prozessdatei fest, die Sie dann nach dem Durchlauf auf die Daten anwenden (siehe unten).

Informationen zu Prozessdateien finden Sie in der Online-Hilfe der Insight-Software. Drücken Sie die Funktionstaste F1 bzw. wählen Sie aus dem Menü Hilfe > Inhalt und klicken Sie auf den Abschnitt Prozessdateien: Ofen, Rezept, Produkt.

Die Profilaufzeichnungsmethode legen Sie über die Auswahl des Ofentyps fest oder im Dialogfeld Prozessdetails (Registerkarte Ofen).

Die verwendeten Thermoelemente können in der Prozessdatei, aber auch im Dialogfeld Prozessdetails (Registerkarte Rezept- Analyse) und im Dialogfeld Analyseoptionen zur Wellenlötanalyse festgelegt werden.

System für den Durchlauf vorbereiten

1. Schließen Sie das Kommunikationskabel am Datenlogger an und starten Sie den **Wellenlötassistenten** in der Insight-Software (in der Symbolleiste auf  klicken oder Extras > Assistenten wählen). Der Assistent führt Sie durch alle Schritte, die zum Rücksetzen des Loggers notwendig sind.
2. Schließen Sie die **Thermoelemente** wie beschrieben an die nummerierten Buchsen des Datenloggers an.

Aufzeichnung eines **Wellenlötprofils**:

- Befestigen Sie die Thermoelemente am Produkt bzw. Teststück. Die Thermoelemente, mit denen die Welle überwacht wird, müssen so angebracht werden, dass sie mit der Hauptwelle in Berührung kommen. Das heißt, sie müssen sich an der Seite der Leiterplatte befinden, die gelötet wird. Die Nummern der Thermoelemente müssen Sie in der Insight-Software angeben (siehe oben). Weitere Thermoelemente können sowohl an der Unter- als auch an der Oberseite der Leiterplatte befestigt werden.

Aufzeichnung eines **Wellenlötprofils mit Messrahmen**:

- Das rechte Thermoelement am Messrahmen (von oben in Durchlaufrichtung betrachtet) muss an Kanal 4 des Loggers und das linke Thermoelement an Kanal 6 angeschlossen werden.
- Das hintere Thermoelement des Messrahmens muss an Kanal 5 angeschlossen werden.
- Die Kanäle 1–3 können bei Bedarf an eine Testplatine oder an einem Produkt angebracht werden (siehe oben).

Wenn Sie keinen Datapaq-Messrahmen verwenden, müssen Sie im Assistenten angeben, in welchem Abstand Messfühler 5 auf 4 und 6 folgt

3. Stellen Sie sicher, dass die Berührungsflächen des **Hitzeschutzbehälters** (auf dem Messrahmen montiert und gesichert) sauber und einwandfrei sind. Die Stelle, an der das Thermoelementkabel aus dem Behälter austritt, muss dicht sein, damit der Schutz des Loggers gewährleistet ist. Legen Sie den Logger in den Behälter und die Thermoelementkabel über das Dichtungsmaterial. Achten Sie darauf, dass die Kabel an den Aussparungen aus dem Behälter austreten.
4. Halten Sie die **Starttaste** am Logger für ca. 1 Sekunde gedrückt, bis die grüne LED zu blinken beginnt. Die Insight-Software stellt den Messtakt für alle Wellenlötprofile automatisch auf 0,1 Sekunden ein, um präzise Messungen der Ofengeschwindigkeit und der Kontaktdauer zu gewährleisten.
5. **Schließen Sie den Deckel** und stellen Sie sicher, dass die Dichtung um die Thermoelementkabel gut sitzt. Der Deckel muss beim Schließen einrasten.
6. Legen Sie das System bestehend aus Messrahmen, Logger, Behälter und Leiterplatte (abhängig von Einrichtung) auf das Transportband. Stellen Sie bei Verwendung eines Messrahmens sicher, dass die Durchlaufrichtung des Messrahmens korrekt ist (die permanent angebrachten Thermoelemente treten zuerst in den Ofen ein).

Logger entnehmen und Daten herunterladen

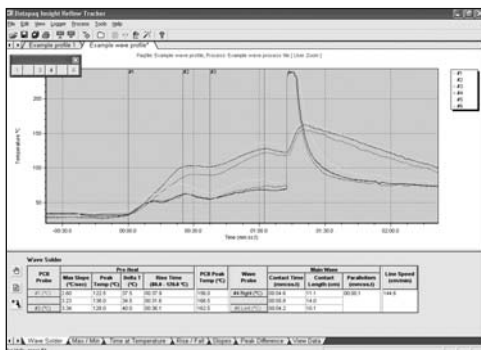
ACHTUNG

Sowohl Hitzeschutzbehälter als auch Logger können **heiß** sein. Tragen Sie Schutzhandschuhe.

Entnehmen Sie das System aus dem Ofen, sobald der Durchlauf abgeschlossen ist. Öffnen Sie den Hitzeschutzbehälter und **entnehmen Sie den Logger**.

Wird der Datenlogger nicht rechtzeitig aus dem heißen Hitzeschutzbehälter entnommen, kann dies zu Schäden am Logger führen.

Laden Sie die Daten mithilfe des Assistenten auf den Computer herunter. Wenden Sie bei Bedarf eine **Prozessdatei** auf die Ergebnisse an. Das Temperaturprofil wird dann gemeinsam mit der Analyse des Wellenlötprozesses angezeigt.



Wellenlötprofile analysieren

Informationen zu den Analysen, die zu einem Wellenlötprofil durchgeführt werden können, finden Sie in der Online-Hilfe der Insight-Software (unter Hilfe > Inhalt auf Datenanalyse und dann auf Wellenlöten klicken).

Die Temperaturprofile, die aus Reflow- und Wellenlötprozessen hervorgehen, erfordern unterschiedliche Analysen. Folglich unterscheiden sich auch die Datendateien (Paq-Dateien), die von der Insight-Software erstellt werden. Sie sind weder austauschbar noch kann eine Prozessdatei eines Ofentyps auf eine Paq-Datei eines anderen Ofentyps angewandt werden. Weitere Informationen hierzu finden Sie in der Online-Hilfe der Insight-Software (unter Hilfe > Inhalt auf Reflow- oder Wellenlöten? klicken).



Statistische Prozessregelung

Die statistische Prozessregelung (SPC) ist eine leistungsstarke Funktion der Insight-Software, mit der Sie die Ergebnisse der Profilaufzeichnungen einfach analysieren können. Durch die Hervorhebung von Entwicklungen in der Prozessleistung lassen sich mögliche Probleme erkennen und beheben, bevor sie tatsächlich auftreten.

Das Surveyor-System von Datapaq (S. 37) bietet eine alternative Möglichkeit, die Ofenleistung zu bewerten. Dieses System erfordert eine spezielle Hardware. Zunächst werden die Ofenbedingungen gemessen und später wird mithilfe von weiteren Prüfungen sichergestellt, dass die Bedingungen innerhalb der Grenzwerte liegen. Im Gegensatz dazu werden bei der SPC-Analyse normaler Paq-Dateien nur die Routinedurchläufe analysiert, um Entwicklungen in der Ofenleistung festzustellen. Beide Systeme haben Vor- und Nachteile.

Übersicht

Damit die SPC-Ergebnisse aussagekräftig sind, müssen die analysierten Paq-Dateien konsistent sein. Das heißt, sie müssen sich auf denselben Prozess beziehen, das Produkt muss identisch sein und die Messfühler müssen sich exakt an denselben Positionen befinden.

Eine SPC-Analyse lässt sich leicht mit dem SPC-Assistent durchführen (in der Symbolleiste auf  oder  klicken oder aus dem Menü Extras > Assistenten wählen). Der Assistent führt Sie durch folgende Schritte:

1. Wählen Sie vorhandene Temperaturprofile (Paq-Dateien), auf denen die Analyse beruhen soll.
2. Wählen Sie die Analyseergebnisse, die Sie untersuchen möchten, und legen Sie einen Sollwert bzw. zulässige Grenzen für die Ergebnisse fest.
3. Insight berechnet daraufhin die SPC-Ergebnisse und zeigt sie in Form einer neuen Grafik im Grafikfenster und als tabellarische Daten im Analysefenster an.

Pro Messfühler werden die Werte der einzelnen Analyseparameter (y-Achse) im Verhältnis zur Datenerfassungszeit der Paq-Datei (x-Achse) eingezeichnet. So können Entwicklungen in den Ergebnissen über die Zeit identifiziert und mit dem Sollwert bzw. den zulässigen Grenzwerten (horizontale Linien in der Grafik) verglichen werden.

	Pro	Con
SPC-Analyse normaler Paq-Dateien	<ul style="list-style-type: none"> • Misst die Temperaturen der Leiterplatte während des Prozesses. • Das umfassende Protokoll listet die Daten für jeden Messfühler einzeln auf. • Überwacht Prozesse in Wellenlötanlagen, Dampfphasenlötanlagen und an Reparaturplätzen sowie in Reflow-Lötanlagen. 	<ul style="list-style-type: none"> • Zur Erzielung optimaler Ergebnisse ist eine gute Verbindung zum Thermoelement erforderlich. • Die Zuverlässigkeit der Ergebnisse nimmt ab, wenn die Systeme mit Standardtestleiterplatten (goldenen Leiterplatten) und deren Thermo-elementen verwendet werden. • Beim Beschicken des Ofens mit dem System bestehend aus Logger und Leiterplatte muss sichergestellt werden, dass die Thermoelementkabel im Ofen nicht eingeklemmt werden. • Die Datenerfassungsangaben müssen für alle Profile standardisiert sein.
Surveyor	<ul style="list-style-type: none"> • Routineaufzeichnungen zur Bewertung der Ofenleistung können von unerfahrenen Bedienern durchgeführt werden. • Es kann jeweils nur ein System auf das Transportband gelegt werden. • Die Ergebnisse werden beim Rücksetzen des Loggers automatisch gespeichert. • Es wird sofort darauf hingewiesen, ob die Ofenbedingungen für einen bestimmten Prozess innerhalb der Spezifikationen liegen. • Unterstützt die Standardisierung der Datenerfassungsangaben. 	<ul style="list-style-type: none"> • Misst nur die Leistung des Prozesses, nicht die tatsächlichen Produkttemperaturen. • Nur für Reflow-Prozesse.

Zu einer SPC-Analyse können Sie Folgendes tun:

- Analyse modifizieren durch Änderung:
 - der Dateien, die für die Analyse ausgewählt wurden
 - der untersuchten Analyseergebnisse
 - des Sollwerts und der zulässigen Grenzen für die Ergebnisse
- Ergebnisse für zukünftige Anzeigen und Analysen speichern
- umfassendes Protokoll der Ergebnisse drucken (aus dem Menü Datei > Druckoptionen wählen)
- Ergebnisse zur Verwendung in einer anderen Softwareanwendung exportieren
- Ergebnisse per E-Mail versenden

Ausführliche Informationen zur Verwendung der statistischen Prozessregelung finden Sie in der Online-Hilfe der Insight-Software. Drücken Sie die Funktionstaste F1 bzw. wählen Sie aus dem Menü Hilfe > Inhalt und klicken Sie auf Datenanalyse > Statistische Prozessregelung.

Surveyor

Die Stabilität der Ofenleistung wird in der Regel durch Erfassung der Produkttemperaturen während des Ofendurchlaufs überwacht. Doch das Surveyor-System - als Erweiterung zum Reflow-Tracker-System von Datapaq erhältlich – überwacht den Ofen selbst. Hierfür durchläuft ein mit Messfühlern bestückter **Laderahmen** den Ofen und erfasst die Temperaturwerte als **Profil-aufzeichnung**. Die Insight-Software gleicht die Ergebnisse der Profilaufzeichnung dann automatisch mit den Ergebnissen einer so genannten **Basismessung** ab – einem Temperaturprofil, das mit einem korrekt arbeitenden Ofen gewonnen wurde. Auf diese Weise kann ein Bediener schnell feststellen, ob eine Änderung oder Anpassung der Ofeneinstellungen erforderlich ist. Die Temperaturmessungen werden von einem Datapaq-Logger durchgeführt, der am Laderahmen angebracht ist.

Alle aufgezeichneten Profildaten werden automatisch gespeichert, sodass schnell eine wertvolle Datenbank entsteht. Gegen diese Datenmenge lassen sich dann langfristige Analysen durchführen, um Entwicklungen in der Prozessleistung hervorzuheben und somit mögliche Probleme zu erkennen und zu beheben, bevor sie tatsächlich auftreten. Diese Auswertungen führt die Insight-Software schnell und einfach mit dem Analysemodus **SPC** durch.

Die mit dem Surveyor-System gewonnenen Temperaturprofile unterscheiden sich von denen, die mit einer bestückten Leiterplatte aufgezeichnet wurden. Die Surveyor-Sensoren sind so konzipiert, dass sie eine hohe Wiederholbarkeit der Ergebnisse ermöglichen. Damit lassen sich zuverlässige SPC-Analysen zum resultierenden Datensatz durchführen. (Informationen zur SPC-Analyse normaler Paq-Dateien finden Sie auf S. 35.)

Übersicht

Die Einrichtung und Verwendung der Surveyor-Software gliedert sich in folgende Stufen:

1. Ofen für optimale Leistung konfigurieren

Der Ofen muss korrekt eingerichtet sein und fehlerfreie Produkte produzieren. Die Analysemodi im Reflow-Tracker-Standardsystem von Datapaq helfen Ihnen bei der Erzielung optimaler Ergebnisse.

2. Basismessung durchführen

Zeichnen Sie mit dem Technikermodus (siehe Kasten, unten) ein Temperaturprofil auf und gewinnen Sie eine Basismessung. Dieses Profil gilt als Vergleichsbasis für zukünftige Profilaufzeichnungen. Anschließend definieren Sie ausgehend von der Basismessung zulässige Toleranzen.

3. Bediener für routinemäßige Profilaufzeichnungen schulen

Der Bedienermodus (siehe unten) führt den Bediener durch die Profilaufzeichnung und den Abgleich der Ergebnisse mit der Basismessung. Am Ende wird das Ergebnis in Form eines einfachen Signals (positiv, Warnung, negativ) ausgegeben.

4. Trends feststellen

Mit der SPC-Analyse können Sie eine Reihe von Durchläufen auswerten und die zukünftige Ofenleistung vorhersagen.

Die **Online-Hilfe** der Insight-Software enthält ausführliche Informationen zu Funktionen und Verwendung des Surveyor-Systems sowie zur Eingabe und Auswahl von Daten im Assistenten. Um die Online-Hilfe aufzurufen, klicken Sie im Hauptmenü auf **Hilfe** und dann auf **Inhalt**. Klicken Sie anschließend innerhalb der Hilfe auf die Überschriften und Themen, um sie zu expandieren und zu lesen. Informationen finden Sie insbesondere in den Themen **Surveyor verwenden** und **Statistische Prozessregelung** (unter der Überschrift **Datenanalyse**). Sie können auch in einem beliebigen Dialogfeld auf die Schaltfläche **Hilfe** klicken oder die Funktionstaste **F1** drücken. In diesem Fall werden die Informationen angezeigt, die für die gerade ausgeführte Aufgabe relevant sind.

BEDIENER- UND TECHNIKERMODUS

Die Software Insight Surveyor kann in einem der folgenden Modi ausgeführt werden: **Bediener** oder **Techniker**. Der Modus wird beim Start der Software ausgewählt.

Bedienermodus

Ein einfacher **Bedienerassistent** führt den Ofenbediener schrittweise durch die Aufzeichnung eines Basisprofils. Dabei wird die Ofenleistung auf der Grundlage einer vorhandenen Basismessung bewertet. In diesem Fall sind keine anderen Funktionen der Insight-Software verfügbar. Der Techniker steuert den Zugriff auf den Bedienermodus und legt Optionen fest, die die Verwendung des Bedienerassistenten vereinfachen.

Technikermodus

In diesem Modus können Sie eine **Basismessung** des Ofens durchführen. Dieser Modus bietet Zugriff auf alle Funktionen der Insight-Software. Hierzu gehören:

- umfassende Datenanalyseoptionen
- Anpassung der Prozessparameter
- Telemetrieoptionen

Sie können den Zugriff auf den Technikermodus durch ein Kennwort schützen. Wählen Sie hierzu aus dem Hauptmenü **Extras > Optionen > Surveyor-Technikermodus**.

Um **zwischen den beiden Modi zu wechseln**, müssen Sie die Insight-Software beenden und neu starten. Alternativ dazu können Sie eine zweite Instanz der Software ausführen und den anderen Modus auswählen. So können Sie zum Beispiel die Software gleichzeitig im Bediener- und im Technikermodus ausführen.

Hardware: Spezifikationen und Verwendung

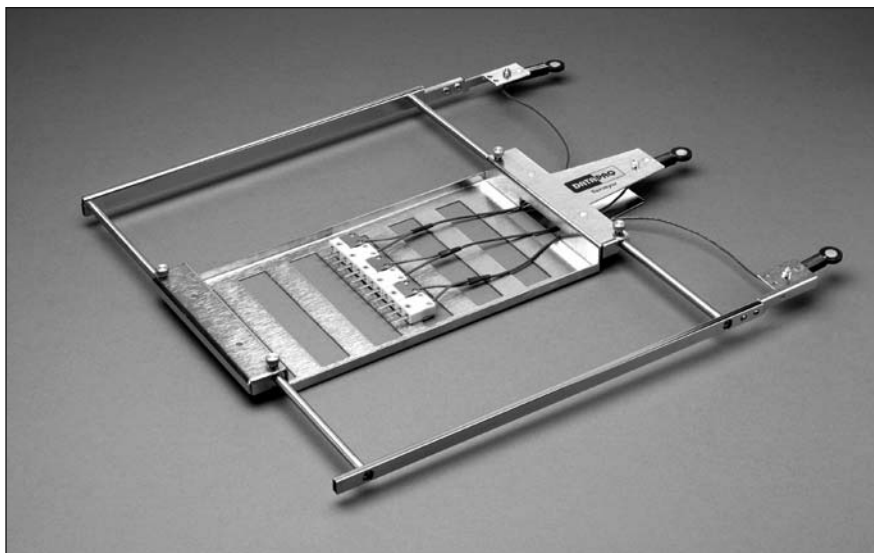
Die für das Reflow-Tracker-Standardsystem notwendige Hardware ist weiter vorne in diesem Handbuch und im Loggerhandbuch umfassend beschrieben. Im Zusammenhang mit Surveyor werden folgende zusätzliche Hardwarekomponenten verwendet:

- Laderahmen
- Thermoelementsensoren
- Messfühler-Klemmsatz (nur für Standardausführung und schmale Ausführung des 6-Kanal-Loggers).

Die Insight-Software, die im Lieferumfang des Systems enthalten ist, umfasst die Zusatzfunktionen von Surveyor.

Laderahmen

Der Laderahmen, auf dem der Datapaq-Logger vom Typ Q18 (im Hitzeschutzbehälter) und die Sensoren sitzen, lässt sich an die Breite des Transportsystems anpassen.



Laderahmen mit drei Sensoren (rechts) und Thermoelementsteckern im Klemmsatz (Mitte), die am Datenlogger im Hitzeschutzbehälter angeschlossen werden können; die äußeren Träger des Rahmens sind vollständig ausgezogen.

PA0872 – Für superschlanken Q18-Logger

Abmessungen	Höhe	Breite	Länge	Gewicht
	32 mm	101–206 mm	521 mm	0.69 kg

PA0874 – Für schmale Q18-Logger

Abmessungen	Höhe	Breite	Länge	Gewicht
	32 mm	99–204 mm	441 mm	0.46 kg

PA0876 – Für Q18-Standardlogger

Abmessungen	Höhe	Breite	Länge	Gewicht
	27 mm	149–345 mm	385 mm	0.77 kg

Die Gesamthöhe des Systems ist von der Höhe des eingesetzten Hitzeschutzbehälters abhängig.

Rahmenbreite einstellen

Der Laderahmen lässt sich leicht an die exakte Breite des Reflow-Ofens anpassen. Falls der Ofen über Kettenstifte verfügt, empfiehlt es sich, diese für den Rahmen zu verwenden. Andernfalls legen Sie den Rahmen auf das Band.

1. Lösen Sie die Klemmschrauben. Daraufhin springen die Seitenträger nach außen.
2. Stellen Sie die Seitenträger auf die gewünschte Breite ein.
3. Ziehen Sie die Klemmschrauben wieder an.

Stellen Sie sicher, dass der Rahmen parallel zu den Ofenseiten verläuft, da er sich ansonsten im Ofen verhaken kann.

Thermoelementsensoren

3 × Thermoelemente der Serie PA0850

Jedes Thermoelement hat zwei Sensoren, je einen pro Ober- und Unterseite.

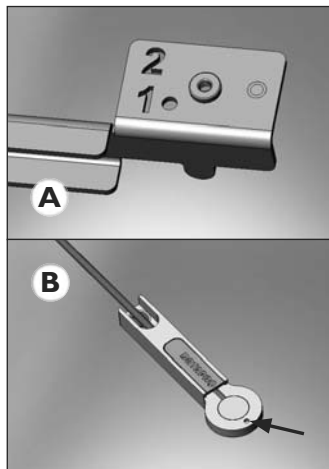
Sensoren anbringen und Messfühler-Klemmsatz verwenden

Die einwandfreie Funktion des Systems erfordert, dass die Sensoren korrekt angeschlossen und positioniert werden. Die Messfühlerstecker, Sensoren und Befestigungsvorrichtungen sind daher gekennzeichnet.

- An den **Befestigungsvorrichtungen** sind die **Kanalnummern angegeben** (siehe A).

- Der **untere Sensor** der einzelnen Messfühler ist mit einem **Punkt** gekennzeichnet (siehe B), der einem **schwarzen Punkt** auf dem entsprechenden Messfühlerstecker entspricht.
- Der **obere Sensor** der einzelnen Messfühler ist **nicht gekennzeichnet** und wird an einen **blauen** Messfühlerstecker angeschlossen.

Der Messfühler-Klemmsatz verbindet die Stecker miteinander. Damit ist der Benutzer in der Lage, die Messfühler leicht am Logger anzuschließen und zu entfernen. Gleichzeitig wird sichergestellt, dass die einzelnen Sensoren immer am selben Loggerkanal angeschlossen werden.



Die Messfühler sind in folgender Reihenfolge angeordnet (dabei wird von hinten auf den Laderahmen geschaut, d. h. von der Seite ohne Sensoren):

Kanal 1	Rechter unterer Sensor (mit Punkt)
Kanal 2	Rechter oberer Sensor (blauer Stecker)
Kanal 3	Mittlerer unterer Sensor (mit Punkt)
Kanal 4	Mittlerer oberer Sensor (blauer Stecker)
Kanal 5	Linker unterer Sensor (mit Punkt)
Kanal 6	Linker oberer Sensor (blauer Stecker)

Überschüssiges Thermoelementkabel lässt sich mithilfe der **Kabelrolle** unterhalb der mittleren Befestigungsvorrichtung aufrollen.

Basismessung oder Profilaufzeichnung vorbereiten

1. Rufen Sie in der Insight-Software den Assistenten für Basismessung oder den Bedienerassistenten auf (je nachdem, was zutreffend ist) und folgen Sie den Anweisungen. Führen Sie auch den Rücksetzvorgang durch.
2. Legen Sie den Logger auf Aufforderung vorsichtig in den Hitzeschutzbehälter und schließen Sie den Deckel.
3. Legen Sie den Hitzeschutzbehälter auf den Laderahmen und legen Sie diesen auf das Transportband.

Das System ist nun einsatzbereit.

FOLGENDES IST ZU BEACHTEN...

Stellen Sie sicher, dass der Rahmen immer korrekt eingestellt ist. Die äußeren Träger müssen auf die richtige Breite und parallel zueinander eingestellt sein.



Gewähren Sie dem System aus Rahmen, Hitzeschutzbehälter und Sensoren eine angemessene Abkühlungszeit vor der nächsten Profilaufzeichnung.

Stellen Sie sicher, dass die Sensoren bei allen Profilaufzeichnungen immer an denselben Thermoelementkanälen angeschlossen werden und dass die Sensor-Kanal-Kombinationen mit denen der Basismessung übereinstimmen. Andernfalls sind die Ergebnisse ungültig.

Stellen Sie sicher, dass die Ofeneinstellungen für Profilaufzeichnung und Basismessung identisch sind. Andernfalls werden falsche Alarmhinweise ausgegeben. Dies gilt nicht nur für Ofengeschwindigkeit und Temperatureinstellungen, sondern auch für die Konvektionsstufe (falls änderbar).

Basismessung durchführen und Toleranzen einrichten

Wenn Sie im Technikermodus den **Assistenten für Basismessung** ausführen (siehe Kasten, unten), können Sie eine Basismessung eines korrekt arbeitenden Ofens mit bestimmten Heizeinstellungen (in einem Rezept definiert) durchführen. Dabei legen Sie ein ideales Temperaturprofil für einen bestimmten Prozess fest und definieren über die Eingabe von Grenzwerten **Toleranzbereiche**. Die Ofenleistung muss innerhalb dieser Bereiche liegen. Mithilfe von Grenzwerten können Sie entweder einen einzelnen Toleranzbereich oder zwei Toleranzbereiche (d. h. einen inneren und einen äußeren Bereich) definieren.



Um den Assistenten zu starten, klicken Sie in der Symbolleiste auf  oder  oder wählen Sie aus dem Hauptmenü **Datei > Neu > Basismessung**. Der Assistent führt Sie durch den gesamten Ablauf. Beachten Sie dabei vor allem Folgendes:

- Nach dem Einstellen der Ofentemperaturen müssen Sie **warten, bis sich der Ofen bei diesen Einstellungen stabilisiert hat**, bevor Sie fortfahren.
- Seien Sie beim **Definieren der Toleranzbereiche** vorsichtig. Ein zu schmaler Bereich führt bei nachfolgenden Profilaufzeichnungen zu vielen falschen Alarmmeldungen. Bei einem zu breiten Bereich kann der Prozess zu weit vom Ideal abweichen, bis eine Alarmmeldung ausgegeben wird. Folgende zwei Faktoren sind zu beachten:
 - Wenn Sie zu Beginn des assistentengeführten Vorgangs keinen Ofen angegeben haben, gilt der Toleranzbereich für alle Basismessungen. In diesem Fall müssen Sie beim Definieren des Toleranzbereichs den **Start-**

und Endpunkt des Bereichs eingeben. Damit verhindern Sie die Analyse von irrelevanten Daten, die vor dem Systemeintritt in den Ofen und nach dem Systemaustritt aus dem Ofen erfasst wurden.

- Sobald Start und Ende definiert sind, kann der automatisch erstellte Toleranzbereich manuell geändert werden. Dies kann in Ofenbereichen empfehlenswert sein, in denen die Kontrolle weniger wichtig ist (z. B. im Eintrittsbereich oder am Ende der Kühlzone). Der Toleranzbereich kann somit lokal erweitert werden.

Profil aufzeichnen

Profilaufzeichnungen zur regelmäßigen Bewertung der Ofenleistung werden normalerweise im Bedienermodus (siehe Kasten, unten) durchgeführt. Die Profile lassen sich jedoch auch im Technikermodus mithilfe des **Bedienerassistenten** aufzeichnen (in der Symbolleiste auf  oder  klicken oder **Datei > Neu > Profilaufzeichnung** wählen).

Der Assistent führt den Ofenbediener durch eine Profilaufzeichnung und bewertet die Ofenleistung durch Abgleich der Profilaufzeichnung gegen eine bestehende Basismessung. Dies umfasst folgende Vorgänge:

- Vorbereitung des Loggers für eine Profilaufzeichnung
- Herunterladen der erfassten Daten auf den Computer
- Erhalt einer Erfolgs-/Warn-/Misserfolgsmeldung zur Ofenleistung
- Speichern und Anzeige der Ergebnisse (grafisch und numerisch); die Ergebnisse lassen sich auch drucken

Dem Bediener wird das Ergebnis als Ampelsignal angezeigt:

ROT: Ein Teil des Profils liegt außerhalb des Toleranzbereichs (bei Vorliegen von zwei Toleranzbereichen außerhalb des äußeren Bereichs). *Der Produktionsleiter ist umgehend zu informieren.*

GELB (nur bei Definition von zwei Toleranzbereichen): Ein Teil des Profils liegt außerhalb des inneren Bereichs, jedoch kein Teil außerhalb des äußeren Bereichs. *Die Ofenleistung könnte die äußere Toleranz überschreiten.*

GRÜN: Das gesamte Profil liegt innerhalb des Toleranzbereichs (oder bei Vorliegen von zwei Bereichen innerhalb des inneren Bereichs).

Surveyor-Index


Wurde die Profilaufzeichnung im Technikermodus durchgeführt, werden die heruntergeladenen Ergebnisse und Analysen in grafischer und numerischer Form angezeigt (sie können auch im Bedienermodus angezeigt werden, falls diese Funktion vom Techniker aktiviert wurde).

Ein wichtiger Bestandteil der Ergebnisse ist der **Surveyor-Index**. Dies ist ein Maß, das pro Messfühler angibt, um wie viel die Profildaten von der

Basismessung insgesamt abweichen. Er wird als Durchschnitt (multipliziert mit 10) der absoluten Temperaturdifferenzen zwischen Basismessung und Profilaufzeichnung ermittelt. Der Surveyor-Index ist ein positiver Wert, wenn der Durchschnitt der Profilaufzeichnungsdaten höher ist als die Basismessung, und ein negativer Wert, wenn der Durchschnitt niedriger ist.

Trends und Vorhersagen mit SPC

Die fest installierten Sensoren des Surveyor-Systems bieten den Vorteil konsistenter und vergleichbarer Daten, auf deren Grundlage SPC-Analysen durchgeführt werden können. Damit lassen sich Entwicklungen in den Daten erkennen und Trends im Hinblick auf die zukünftige Ofenleistung voraussagen.

Die Analyse wird mit dem **SPC-Assistenten** durchgeführt. Klicken Sie hierzu in der Symbolleiste auf  oder wählen Sie aus dem Hauptmenü **Datei > Neu > SPC**. Die Daten aller mit einer bestimmten Basismessung verknüpften Profilaufzeichnungen werden automatisch im selben Ordner gespeichert. Dies erleichtert und beschleunigt die Auswahl und Analyse der Daten. Die Vorgehensweise ist in der Online-Hilfe umfassend erläutert (siehe **Statistische Prozessregelung (SPC)** unter **Datenanalyse**).

*Bei der SPC-Analyse werden die Profildaten gemäß spezifizierter zulässiger Temperaturgrenzen ausgewertet. Dabei handelt es sich standardmäßig um die Werte, die beim Erstellen der Basismessung als (äußere) Grenzwerte eingegeben wurden. Im letzten Schritt des Assistenten können Sie alternative Grenzwerte definieren, dies hat jedoch eine Änderung des oberen und unteren Grenzwerts (OGW und UGW) bei der Berechnung der Fähigkeitsindizes zur Folge. Ausführliche Informationen zur Berechnung von C_{pk} , P_{pk} , usw. finden Sie in der Online-Hilfe unter **Statistische Prozessregelung (SPC)**.*

Schnelleinrichtung

Rapid Oven Setup ist ein Zusatzmodul zur Schnelleinrichtung und optional zum Reflow-Tracker-System von Datapaq erhältlich. Es bietet Ihnen die Möglichkeit, Reflow-Lötanlagen für neue Produkte und/oder neue Sollprofile schnell und präzise einzurichten. Das System bestimmt anhand eines Wärmeübertragungssensors die Ofenleistung und kann mithilfe von CAD-Daten die Verteilung der thermisch wirksamen Masse des Produkts darstellen.

Diese Informationen werden von der Insight-Software gemeinsam mit Daten zum Sollprofil verarbeitet, und das Resultat ist eine präzise und schnelle Ofeneinrichtung. Dies führt bei neuen Produkten oder Profilen zu einer Zeit- und Kostenersparnis. Umgekehrt kann das System auch verwendet werden, um das Temperaturprofil vorherzusagen, das aus der Verwendung einer bestimmten Kombination von Ofen, Leiterplatte und Rezept hervorgehen wird.

All dies ist möglich, ohne dass vorher mit dem Produkt ein Ofendurchlauf erfolgen muss.

Übersicht

Bei der anfänglichen Einrichtungsphase im Rahmen der Schnelleinrichtung geht es darum, Informationen zu den physischen Attributen und zum Verhalten von Ofen und Produkt zu erfassen und das zu erzielende Temperaturprofil zu definieren.

Ofencharakterisierung

Trotz der großen Fortschritte, die in der Auslegung von Reflow-Lötanlagen erzielt wurden, sind die Öfen nie hundertprozentig identisch. Diese Abweichungen erschweren die Einrichtung des Ofens. Rapid Oven Setup, das Zusatzmodul zur Schnelleinrichtung, überwindet diese Schwierigkeiten, indem mithilfe eines Wärmeübertragungssensors die tatsächliche Leistung des Ofens gemessen wird. Bei diesem Prozess der Ofencharakterisierung (S. 47) macht es Rapid Oven Setup möglich, Kalibrierungsfehler in den Einstellungen der Ofenzonen sowie den Einfluss der einzelnen Zonen auf die Nachbarzonen zu berücksichtigen. Die anschließende Vorhersage funktioniert daher für alle Arten von Reflow-Lötanlagen.

Leiterplatteneinrichtung

Die gesamte thermisch wirksame Masse des Produkts und die Verteilung dieser Masse haben einen großen Einfluss auf die Ofeneinstellungen, die zur Erzielung

eines bestimmten Profils notwendig sind. Aufgrund der Fortschritte in der Packungstechnik der Bauelemente und der zunehmenden Packungsdichte kommt der Temperaturprofilzeichnung ganzer Baugruppen eine zunehmend höhere Bedeutung zu. Rapid Oven Setup kann CAD-Dateien lesen, die zur Entwicklung der Baugruppe verwendet werden, und anhand dieser Informationen die Verteilung der thermisch wirksamen Masse der Baugruppe ermitteln (S. 51). Zum ersten Mal können CAD-Daten, die normalerweise auf allen anderen Herstellungsstufen in der Elektronikindustrie Anwendung finden, zur Optimierung des Reflow-Lötvorgang eingesetzt werden. Sind jedoch von der Leiterplatte keine CAD-Daten verfügbar, lässt sich das Verhalten des Produkts im Ofen durch Analyse eines Temperaturprofils einschätzen, das zur Leiterplatte aufgezeichnet wurde.

Sollprofil

Die Form des Sollprofils wird durch viele Faktoren beeinflusst. Ausgangspunkt für den Entwurf des Sollprofils sind normalerweise die Angaben des Lötpastenherstellers. Der Prozessmanager fügt diesen Angaben weitere Einschränkungen hinzu, die entweder durch die in der Baugruppe verwendeten Bauelemente oder durch interne Unternehmensstandards gegeben sind. Rapid Oven Setup ermöglicht über eine leicht zu bedienende Oberfläche den Entwurf von Sollprofilen und die Anzeige von kritischen Daten sowohl in grafischer als auch numerischer Form (S. 56).

Auf der Grundlage dieser Informationen kann Rapid Oven Setup anschließend Vorhersagen generieren.

Vorhersagen: Optimales Rezept und Profilform ermitteln

Die Daten zum Ofen, zur Leiterplatte und zum Sollprofil bilden die Eingangsgrößen für das mathematische Modell, das das Herzstück von Rapid Oven Setup bildet (S. 59). Dieses Modell unterteilt die Leiterplatte in hunderte von Elementen und ermittelt die Reaktion eines jeden Elements mithilfe der Differenzenverfahren. Die Software analysiert die Elemente mit der schwersten und leichtesten thermisch wirksamen Masse sowie die Bereiche mit der höchsten und niedrigsten Packungsdichte. Schließlich ermittelt sie anhand dieser Informationen das optimale Rezept für das Sollprofil. Das Ergebnis sind korrekt ermittelte Profile. Es ist nicht nötig, Thermoelemente an die Leiterplatte anzubringen und viele verschiedene Rezeptkombinationen auszuprobieren.

Systemkomponenten

Die für das Reflow-Tracker-Standardsystem notwendige Hardware ist weiter vorne in diesem Handbuch und im Loggerhandbuch umfassend beschrieben. Im



Zusammenhang mit Rapid Oven Setup werden – nur für die Ofencharakterisierung – folgende zusätzliche Hardwarekomponenten verwendet:

- Wärmeübertragungssensor
- Laderahmen

Die Insight-Software, die im Lieferumfang des Systems enthalten ist, umfasst die Zusatzfunktionen zur Schnelleinrichtung.

Ofencharakterisierung

Es besteht die Möglichkeit, für eine Kombination aus Ofen und Leiterplatte ein Rezept vorherzusagen, dessen Temperaturprofil einem gegebenen Sollprofil entspricht. Hierzu benötigen Sie Informationen darüber, wie sich der Ofen bei Verwendung einer Standardleiterplatte und unterschiedlichen Einstellungen verhalten wird. Diese Informationen gewinnen Sie, indem Sie einen Wärmeübertragungssensor (siehe unten) mit einem oder (vorzugsweise) drei unterschiedlichen Rezepten durch den Ofen schicken und anschließend das bzw. die resultierenden Temperaturprofile analysieren. Die Ergebnisse dieser Analyse werden dann in die Ofendatei aufgenommen, um eine **Ofencharakterisierungsdatei** zu erzeugen. Informationen zu Ofendateien finden Sie in der Online-Hilfe der Insight-Software unter Prozessdateien: Ofen, Rezept, Produkt.

Die Charakterisierung des Ofens erfolgt über den **Ofencharakterisierungsassistenten** (auf  oder  klicken oder aus dem Menü Extras > Assistenten wählen).

Die Online-Hilfe der Insight-Software enthält ausführliche Informationen zur Eingabe und Auswahl von Daten im Assistenten. Um die Online-Hilfe aufzurufen, klicken Sie im Hauptmenü auf Hilfe und dann auf Inhalt. Klicken Sie anschließend innerhalb der Hilfe auf die Überschriften und Themen, um sie zu expandieren und zu lesen. Sie können auch in einem beliebigen Dialogfeld auf die Schaltfläche Hilfe klicken oder die Funktionstaste F1 drücken. In diesem Fall werden die Informationen angezeigt, die für die gerade ausgeführte Aufgabe relevant sind.

Dieses Kapitel erläutert die Installation der Hardware und die wichtigsten Aspekte der Ofencharakterisierung.

Ein einzelner Charakterisierungslauf wird zu guten Ergebnissen führen. Um jedoch eine optimale Genauigkeit zu erzielen, empfehlen wir, drei Ofendurchläufe mit dem Sensor durchzuführen, wobei jeder Durchlauf mit anderen Rezepteinstellungen erfolgen sollte. Aufgrund dieses einmaligen Ansatzes ist Rapid Oven Setup in der Lage festzustellen, mit welcher Genauigkeit der Ofen die eingestellten Temperaturen der einzelnen Ofenzonen erreicht und wie sich die einzelnen Zonen auf die benachbarten Zonen

auswirken. So kann das Verhalten von alten und neuen Öfen – ganz gleich, ob es sich um Infrarot- oder Konvektionsöfen handelt – präzise modelliert werden.

Definition der Ofenzonen

Damit Rapid Oven Setup die Ofenleistung ermitteln kann, müssen die physischen Eigenschaften der einzelnen Zonen (d.h. Länge und Typ) bekannt sein.

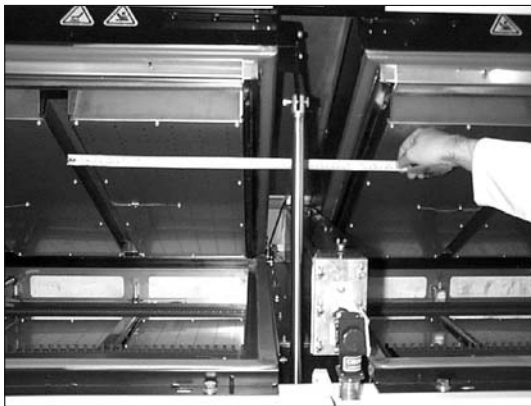
Ein Ofen umfasst in der Regel einige thermostatisch geregelte Heizzonen (aktive Zonen) und eine oder mehrere Kühlzonen (möglicherweise aktiv, normalerweise aber passiv).

- In einer **aktiven (beheizte) Ofenzone** wird die Temperatur kontinuierlich gesteuert. Dies bedeutet, dass der Ofen versucht, die eingestellte Temperatur durch entsprechendes Heizen oder Kühlen zu erreichen.
- In einer **passiven (unbeheizte) Ofenzone** wird die Temperatur nicht gesteuert. In diesen Zonen befinden sich keine Heizelemente und das Abkühlen des Produkts (z.B. durch Luftzufuhr) wird nicht kontinuierlich reguliert.

Daher sollten Kühlzonen, in denen Ventilatoren eingesetzt werden, sowie mögliche Zonen im Zentrum des Ofens, die keine Heizelemente aufweisen, als passiv gekennzeichnet werden.

Kleine passive Ofenzonen

Weist der Ofen zwischen einigen Zonen kleine ungeheizte (passive) Regionen auf (z.B. Bereiche, die das Stiftkettentransportsystem unterstützen), sollten diese Regionen als Teil der benachbarten Zonen betrachtet werden. Das heißt, die benachbarten Zonen erstrecken sich bis zur Mitte der vorangehenden bzw. folgenden kleinen passiven Zone. Dies hat keine Auswirkungen auf die Genauigkeit des Systems.



Aufnahme kleiner passiver Zonen in die Länge der benachbarten Zonen.

Ausgangsrezept

Das bei der Charakterisierung verwendete Ausgangsrezept ist nicht entscheidend, es sind jedoch folgende zwei Punkte zu berücksichtigen:

- Das Ausgangsrezept sollte an den normalen Betriebsparametern des Ofens angelehnt sein. Die Genauigkeit kann geringer ausfallen, wenn der Ofen am unteren Rand seiner möglichen Einstellungen charakterisiert wird und die folgenden Vorhersagen mit Werten im oberen Bereich durchgeführt werden.
- Die Details des zweiten und dritten Rezepts werden von Rapid Oven Setup vorgeschlagen und sind in jeder geheizten Zone um bis zu 20 °C heißer als im Ausgangsrezept. Sie müssen daher sicherstellen, dass der Ofen diese Temperaturen auch erreichen kann und der Hitzeschutzbehälter dem Datenlogger bei diesen Temperaturen genügend Schutz bietet.

Ofengeschwindigkeit

Eine Ofencharakterisierung kann mit einer um 50 % schnelleren Ofengeschwindigkeit ausgeführt werden, ohne dass die Genauigkeit oder der Betrieb des Systems beeinträchtigt sind. Damit nehmen der Ofendurchlauf und das Abkühlen des Hitzeschutzbehälters weniger Zeit in Anspruch.

Einrichtung und Verwendung der Hardware

Der Wärmeübertragungssensor umfasst drei Thermoelemente:

1. ein schnell reagierendes Thermoelement, das die Lufttemperatur in den Ofenzonen misst
2. ein Thermoelement, das die Temperatur einer (vergoldeten) Metallscheibe mit geringem Emissionsgrad misst
3. ein Thermoelement, das die Temperatur einer (mattschwarz beschichteten) Metallscheibe mit hohem Emissionsgrad misst

Anhand der Messwerte dieser Thermoelemente berechnet Rapid Oven Setup die Konvektions- und Strahlungsübertragung der Wärme an jedem Punkt entlang der gesamten Ofenlänge.

System für Durchlauf vorbereiten

Befestigen Sie den Wärmeübertragungssensor mit den im Lieferumfang enthaltenen Schrauben am Laderahmen (siehe Abbildung unten). Die drei Thermoelementstecker des Sensors haben die Bezeichnungen 1, 2, und 3 (siehe oben) und müssen in die entsprechend nummerierten Buchsen des Loggers gesteckt werden.

ACHTUNG

Falsch angeschlossene Thermoelemente haben zur Folge, dass der gesamte Einrichtungsprozess ungültig ist.

Am Laderahmen montierter Logger und Wärmeübertragungssensor vor dem Durchlauf.

Bringen Sie den Logger in den Hitzeschutzbehälter ein und legen Sie ihn auf den Laderahmen, damit er den Ofen durchlaufen kann. (Einzelheiten zur Installation des Loggers und allgemeine Informationen zur Durchführung eines Ofendurchlaufs mit einem Logger/Hitzeschutzbehälter siehe S. 22.) Der Laderahmen kann an das Kettentransportsystem des Ofens angepasst oder direkt auf das Band gelegt werden.

Der Wärmeübertragungssensor muss als erstes in den Ofen eintreten, d.h., vor dem Hitzeschutzbehälter mit dem Logger.





Leiterplatteinrichtung

Um für eine Leiterplatte ein Rezept vorherzusagen, mit dem sich das erforderliche Temperaturprofil hervorbringen lässt, benötigen Sie Informationen über die thermischen Eigenschaften der Leiterplatte. Diese Informationen gewinnen Sie durch:

- Kenntnis der physischen Eigenschaften der Leiterplatte, wie sie beim Entwurf der Leiterplatte in der generierten CAD-Datei (falls vorhanden) definiert wurden

- Analyse eines Temperaturprofils, das zu der Leiterplatte in dem zu verwendenden Ofen aufgezeichnet wurde

Das Ergebnis beider Analyseverfahren ist eine **Leiterplattendatei**. Sie enthält die Definition der Leiterplatte zum Zweck der Rezeptvorhersage.

Die Einrichtung der Leiterplatte erfolgt über den **Assistenten zur Leiterplatteneinrichtung** (auf  oder  klicken oder Extras > Assistenten wählen). Ist keine CAD-Datei verfügbar, werden Sie durch die Schritte geführt, die zur Vorbereitung der Leiterplatte für den Ofendurchlauf notwendig sind.

Dieser Abschnitt erläutert das Konzept der Leiterplattendatei und die wichtigsten Punkte bei der Generierung solch einer Datei.

CAD-Datei verwenden

Rapid Oven Setup ist in der Lage, CAD-Dateien zu lesen, die im IDF-Format (bis IDF, Version 3) vorliegen.

IDF (**Intermediate Data Format**) ist ein Datenaustauschformat, das quasi zum Standard für die Übertragung von Baugruppendaten zwischen der mechanischen Konstruktion und der Entwicklung des Leiterplattenlayouts geworden ist. Für die meisten Leiterplattenlayoutsysteme existieren IDF-Übersetzer.

Das IDF-Format besteht aus zwei Textdateien:

- **Leiterplattendatei**
Sie enthält eine Beschreibung der Leiterplatte, einschließlich der Abmessungen, der Layouteinschränkungen und der Bauelementanordnung. Leiterplattendateien haben die Erweiterung .EMN, .BRD oder .BDF. Dies ist vom System abhängig, das zur Erstellung dieser Dateien verwendet wird.
- **Bibliotheksdatei**
Sie enthält die Abmessungen der Bauelemente (wie in der Leiterplattendatei definiert), die für die Leiterplatte verwendet werden. Bibliotheksdateien haben die Erweiterung .EMP, .LIB oder .LDF. Dies ist wiederum vom System abhängig, das zur Erstellung dieser Dateien verwendet wird.

Beim Öffnen einer IDF-Datei sucht Rapid Oven Setup nach der Leiterplattendatei und lädt automatisch die entsprechende Bibliotheksdatei.

Ausführliche Informationen zum IDF-Format und Links zu Software für die Erstellung von IDF-Dateien aus den Layoutdaten einer Leiterplatte finden Sie unter www.intermedius.com.

CAD-Daten bearbeiten

Die IDF-Beschreibung enthält alle elektronischen Bauelemente der Leiterplatte und zusätzliche Angaben, wie z.B. Anschlüsse, die sich zum Zeitpunkt des Ofendurchlaufs noch nicht auf der Leiterplatte befinden. Die noch nicht vorhandenen Bauelemente können ganz einfach markiert und gelöscht werden. Diese Funktion ermöglicht auch das Entfernen von elektronischen Bauelementen. So können Sie eine beliebige Anzahl unterschiedlicher Produktversionen definieren, die alle auf derselben Vorlage beruhen.

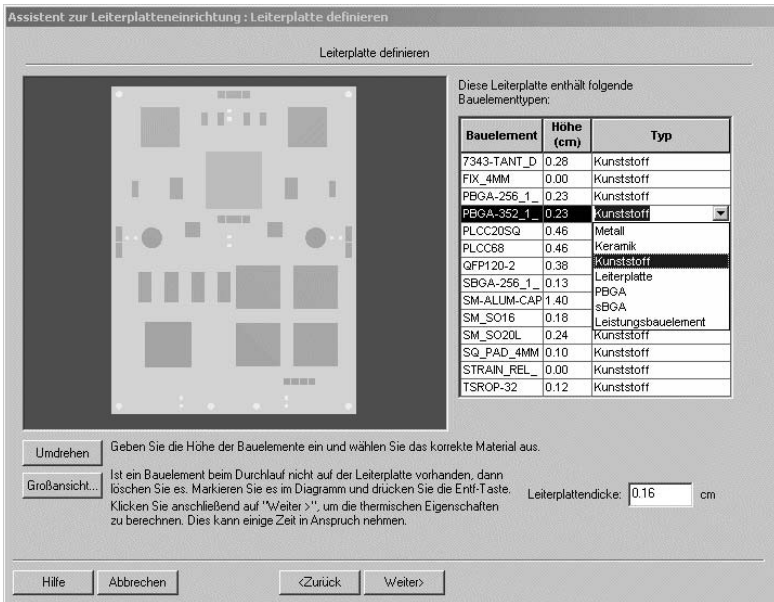
Die Dicke der Leiterplatte ist in der CAD-Datei angegeben und wird bei allen nachfolgenden Berechnungen der thermisch wirksamen Masse herangezogen.

Bei der Verwendung von CAD-Daten geht Rapid Oven Setup beim Leiterplattenmaterial von FR4 aus. Bei Vorliegen eines anderen Materials ist die maximale Genauigkeit der Vorhersagen dadurch zu gewährleisten, dass die Leiterplatte so eingerichtet wird, als ob keine CAD-Daten verfügbar seien.

Material von Bauelementen

Im **Dialogfeld Leiterplatte definieren** des Assistenten zur Leiterplatteneinrichtung werden die Informationen zu den Bauelementen angezeigt, die in der IDF-Datei enthalten sind. Da die Komponenten im Bild markiert werden, werden die entsprechenden Informationen in der Bauelementliste hervorgehoben. Weisen Sie jedem Bauelement in der Spalte Typ ein Material zu. Das Standardmaterial basiert auf dem Kunststoffharz, das die Grundlage für die meisten elektronischen Bauelemente bildet. Die anderen Optionen decken Spezialfälle wie beispielsweise PBGA- und sBGA-Gehäuse ab.

Materialtyp	Typische Bauelemente
Metall	Kühlkörper
Keramik	Aufsetzbare Chipträger
Kunststoff	Mehrheit der Bauelemente
Leiterplatte	Leiterplattenmaterial (Standard: FR4)
PBGA	BGA-Gehäuse aus Verbundkunststoff
sBGA	Super BGA (mit metallener Oberfläche)
Leistungs-bauelement	Bauelemente mit beträchtlicher internen Wärmeableitung



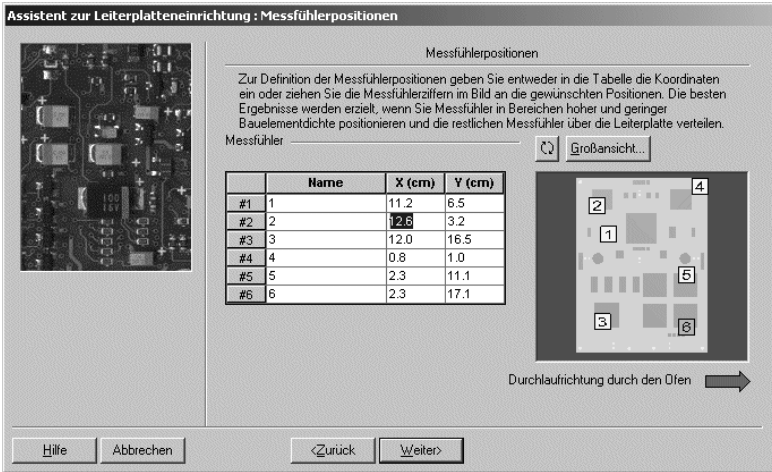
Assistent zur Leiterplatteneinrichtung mit markiertem Bauelement und ausgewähltem Materialtyp.

Falls Kühlkörper oder Bauelemente mit großer ungerader Form vorhanden sind, lässt sich eine optimale Genauigkeit von Vorhersagen dadurch erzielen, dass Sie die Leiterplatte so einrichten, als ob keine CAD-Daten vorhanden seien (siehe S. 55). Auf diese Weise ist Rapid Oven Setup in der Lage, die thermisch wirksame Masse aller kritischen Bauelemente zu berechnen.

Messfühlerpositionen

Bei Vorliegen von CAD-Daten ist es für die Erstellung einer Leiterplattendatei nicht notwendig, einen Ofendurchlauf mit der Leiterplatte durchzuführen. Dennoch ist es für die korrekte Funktionsweise von Rapid Oven Setup wichtig, dass Sie die Position der Thermoelemente festlegen. Das mathematische Modell berechnet die Temperaturprofile für die zu diesem Zeitpunkt ausgewählten Messfühlerpositionen und ermittelt ein Idealrezept, das das Solltemperaturprofil einer Messfühlerposition hervorbringen wird, deren thermisch wirksame Masse im mittleren Wertebereich liegt.

Schließen Sie die Positionierung der Messfühler auf der Leiterplatte ab und stellen Sie sicher, dass diese **Positionen im Dialogfeld Messfühlerpositionen** des Assistenten zur Leiterplatteneinrichtung angezeigt werden.



Definition der Messfühlerpositionen im Assistenten zur Leiterplatteneinrichtung – äußerst wichtig für die korrekte Funktionsweise des Systems.

Rapid Oven Setup schlägt für die Messfühler folgende Positionen vor:

- Stelle mit der höchsten thermisch wirksamen Masse
- Stelle mit der geringsten thermisch wirksamen Masse
- Mitte des Bereichs mit der höchsten thermisch wirksamen Masse
- Mitte des Bereichs mit der geringsten thermisch wirksamen Masse
- Mitte der linken Seite der Leiterplatte
- Mitte der rechten Seite der Leiterplatte

In der Praxis sollten die Messfühler jedoch an Stellen angebracht werden, die in Bezug auf das Temperaturprofil von besonderem Interesse sind. Dies können beispielsweise Bauelemente sein, die durch die Wärmeeinwirkung leicht beschädigt werden können oder schwer zu löten sind. Daher sollten Sie sicherstellen, dass die Messfühler an folgenden Stellen angebracht werden:

- auf einem schweren Bauelement, um sicherzustellen, dass die korrekten Höchsttemperaturen erreicht werden
- auf einem leichten Bauelement, um sicherzustellen, dass der Temperaturanstieg und die Höchsttemperaturen nicht zu hoch sind
- auf einem besonders empfindlichen Bauelement oder auf einem Bauelement in einem Bereich mit sehr geringer bzw. sehr hoher Packungsdichte

Es ist unbedingt sicherzustellen, dass die Leiterplatte mit derselben Ausrichtung in den Ofen eintritt, die im Dialogfeld Messfühlerpositionen angegeben ist, also mit der rechten Seite zuerst (siehe Dialogfeld).

System ohne CAD-Daten verwenden

Falls die Verteilung der thermisch wirksamen Masse der Leiterplatte aufgrund fehlender CAD-Daten nicht ermittelt werden kann, können Sie die Leiterplatte mitsamt den befestigten Thermoelementen durch einen charakterisierten Ofen (durch einen Ofen, für den eine Ofencharakterisierungsdatei vorliegt, siehe S. 47) schicken. Anhand des resultierenden Temperaturprofils und der bekannten Ofeneinstellungen berechnet Rapid Oven Setup daraufhin die thermisch wirksame Masse an allen Thermoelementpositionen.

Die Messfühler sollten den Richtlinien im Abschnitt Messfühlerpositionen (S. 53) entsprechend positioniert und die Positionen sollten im Dialogfeld Messfühlerpositionen des Assistenten zur Leiterplatteneinrichtung eingegeben werden.

Damit die Analyse korrekt durchgeführt wird, ist es erforderlich, dass Sie die Messfühler genau an den hier eingegebenen Positionen auf der Leiterplatte anbringen.

Sie werden anschließend aufgefordert sicherzustellen, dass das korrekte Rezept ausgewählt ist und sich der Ofen stabilisiert hat. Schlägt die Ofenstabilisierung fehl, nimmt die Genauigkeit bei der Berechnung der thermisch wirksamen Masse ab.

Vorhandene Paq-Datei verwenden

Der Assistent zur Leiterplatteneinrichtung ermöglicht neben der Aufzeichnung eines neuen Leiterplattenprofils auch die Verwendung eines vorhandenen Profils (einer Paq-Datei), das in einem charakterisierten Ofen aufgezeichnet wurde. Sie müssen den verwendeten Ofen und das verwendete Rezept sowie die exakte Position der Thermoelemente eingeben. Wurde das Profil mit der Insight-Software aufgezeichnet und enthält es eine Prozessdatei, extrahiert Rapid Oven Setup automatisch die Ofen- und Rezeptdaten. Die Ablage dieser Informationen ist in der Online-Hilfe der Insight-Software unter Prozessdateien: Ofen, Rezept, Produkt beschrieben.

Die Genauigkeit dieser Berechnungen hängt von der Gültigkeit der Daten ab. Zur Erzielung optimaler Ergebnisse muss bei den Rezeptwerten eine Stabilisierung des Ofens eintreten und die Thermoelemente müssen sicher an der Leiterplatte angebracht sein.

Sollprofil

Die auf der Leiterplatte verwendete Lötpaste ist der entscheidende Faktor, der den exakten Verlauf des **Sollprofils** bestimmt, also des Temperaturprofils, das beim Ofendurchlauf der Leiterplatte erzielt werden soll. Der Profilverlauf wird durch die Parameter bestimmt, die vom Pastenhersteller für die Herstellung zuverlässiger Lötverbindungen angegeben sind. Sonstige Faktoren, die den Profilverlauf ebenfalls beeinflussen können, sind die Bauelementangaben und die Leistungseinschränkungen des Ofens.

Sobald ein Sollprofil definiert ist, kann Rapid Oven Setup Rezepte vorhersagen, die dieses Profil für eine bestimmte Kombination aus Ofen und Leiterplatte erzeugen werden. Da die thermisch wirksame Masse einer Leiterplatte variiert, ist es unwahrscheinlich, dass die Temperaturen an allen Stellen dem Sollverlauf entsprechen. Daher wird bei allen Rezeptvorhersagen versucht, das Sollprofil einer Position mit mittlerer thermisch wirksamen Masse zu erzeugen.

Das Sollprofil für eine bestimmte Lötpaste kann auf Folgendem basieren:

- einem vorhandenen Temperaturprofil
- den Zeit- und Temperaturangaben für das Lot

Das Sollprofil wird mit dem **Sollprofilassistenten** erzeugt (auf  oder  klicken oder Extras > Assistenten wählen).

Dieses Abschnitt beschreibt die wesentlichen Aspekte bei der Erstellung eines Sollprofils.

Sollprofil erstellen

Vorhandene Datei verwenden

Diese Option ermöglicht die Auswahl eines Profils, das bei guter Produktqualität erzielt wurde und als Grundlage für das Sollprofil dienen soll. Anschließend können Sie das Profil in andere charakterisierte Öfen übernehmen und somit einen schnellen Ofenwechsel in der Produktion ermöglichen.

Im **Dialogfeld Sollprofil bearbeiten** des Sollprofilassistenten ist das Profil in Regionen unterteilt, um den Vergleich mit der Lötpastenspezifikation zu erleichtern. Die Online-Hilfe erläutert, wie Sie Regionen hinzufügen und löschen sowie das Sollprofil neu zeichnen können. Das vorhandene Profil dient also als Grundlage und bietet sehr flexible Bearbeitungsmöglichkeiten. Um eine bessere Übersichtlichkeit zu erzielen, können die Regionen mit Namen versehen werden.

Profil mit Anstiegs-, Durchwärm- und Spitzenzone verwenden

Sie können aus zwei Grundprofilen auswählen und das Profil an die für die Lötpaste angegebenen Zeit- und Temperaturwerte anpassen. Das erste Profil weist einen linearen Anstieg, eine Durchwärmphase und eine Spitzenphase auf, wohingegen die Temperatur im zweiten Profil linear ansteigt, bis die Spitzentemperatur erreicht ist.

Anschließend lässt sich der Verlauf im Dialogfeld Sollprofil bearbeiten des Assistenten auf zwei Arten ändern (ausführliche Erläuterungen finden Sie in der Online-Hilfe):

- durch Ziehen der Punkte in der Grafik
- durch Eingabe der numerischen Werte für die einzelnen Regionen

Der Anfang des Sollprofils fällt mit der ersten geheizten Ofenzone (Eingangskammern werden nicht berücksichtigt) und das Ende des Sollprofils fällt mit dem Austritt aus dem Ofen zusammen. Dies sollten Sie bei der Definition der Austrittstemperaturen berücksichtigen. Die Temperaturregelung in Kühlzonen ist im Allgemeinen geringer als in Heizzonen und die Vorhersagen spiegeln wider, was der Ofen erzielen kann.

Zu jeder Heiz- bzw. Kühlregion werden die entsprechenden Informationen angezeigt. Beispielsweise wird für die Aufschmelzzone die Zeit oberhalb des Liquidus und die Höchsttemperatur gemeinsam mit den jeweiligen Grenzwerten angezeigt.

Werden für eine Region eine Eintrittstemperatur, eine Austrittstemperatur, ein Sollgradient und eine Dauer angezeigt, stehen diese Werte wie folgt zueinander in Beziehung:

$$\text{Gradient} \times \text{Dauer} = \text{Austrittstemperatur} - \text{Eintrittstemperatur}$$

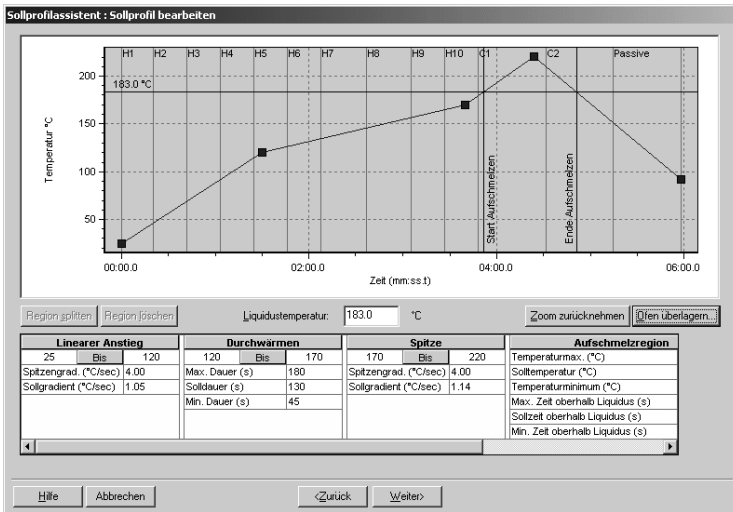
Die Änderung eines Wertes wirkt sich somit auf die anderen Werte aus.

Profil mit realistischem Verlauf

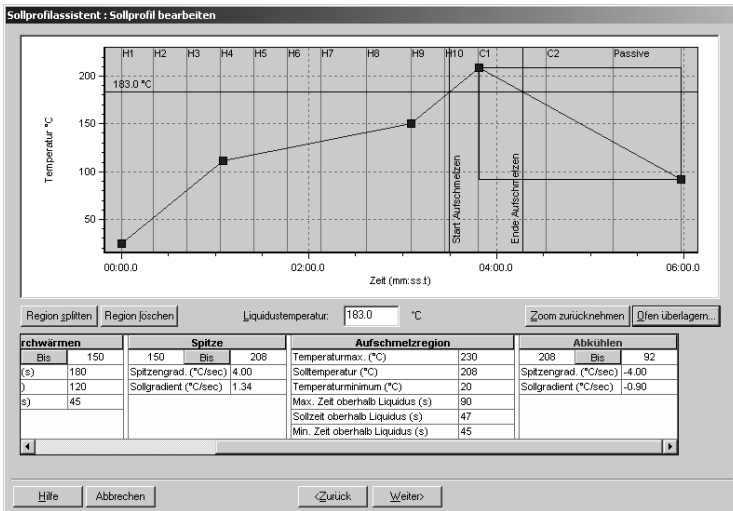
Zwar können Sie im Dialogfeld Sollprofil bearbeiten Profile mit beliebigen Verläufen erstellen, jedoch unterliegt die tatsächliche Ofenleistung gewissen Einschränkungen. Insbesondere ist das Verhältnis zwischen der Länge der Kühlzone und der Länge der Heizzone festgelegt und die Höchsttemperaturen werden in der letzten Heizzone erreicht.

Die Lötpastenspezifikation des Herstellers gibt gewöhnlich einen zulässigen Bereich an, innerhalb dessen sich viele Profile bewegen. Die Eingabe der exakten Spezifikationsdaten in das Dialogfeld kann jedoch Profilverläufe hervorbringen, die vom Ofen nicht erreicht werden können. Die schnellste Methode zur Erzielung eines realistischen Sollprofils besteht meist darin, im Dialogfeld Sollprofil bearbeiten die Grundform des Profils durch Ziehen einzelner Punkte

zu definieren und dann die erforderlichen Werte (bei Bedarf gerundet) in das Dialogfeld einzugeben.



Eine ideale Sollprofil wurde erstellt (oben), doch das Überlagern der Grafik mit den Ofenzonen, wie hier geschehen, zeigt, dass die Sollspitze in die Kühlzone fällt und deshalb vom Ofen zu diesem Zeitpunkt nicht erzielt werden kann. Nach der Korrektur des Sollprofils (unten) liegen die Gradientenübergänge auf den Zonengrenzen und die Spitze liegt innerhalb der Heizzone.



Um bei der Definition eines erzielbaren Sollprofils unterstützt zu werden, können Sie die Grafik mit den Ofenzonen überlagern. Klicken Sie hierzu im Dialogfeld Sollprofil bearbeiten auf die Schaltfläche Ofen überlagern.

Wird ein nicht erzielbares Sollprofil definiert und anschließend im Rahmen einer Rezeptvorhersage (siehe 'Vorhersagen') verwendet, passt Rapid Oven Setup das Sollprofil automatisch an, bevor es die Vorhersage durchführt. Die bevorzugte Lösung ist jedoch, dass Sie – wie oben im Beispiel – vor der Durchführung der Vorhersage das Profil korrigieren, damit der Ofen es auch erzielen kann. Siehe auch 'Probleme mit Rezeptvorhersagen' (S. 63).


Vorhersagen

Sobald der Ofen charakterisiert, die Leiterplatte eingerichtet und das Sollprofil erstellt ist, kann die Vorhersage durchgeführt werden. Sie haben die Wahl zwischen folgenden Vorhersagen:

- **Rezeptvorhersage**
Dabei werden Rezepte vorausgesagt, die für eine bestimmte Leiterplatte in einem bestimmten Ofen das gewünschte Temperaturprofil (Sollprofil) hervorbringen werden.
- **Profilvorhersage**
Hierbei handelt es sich um ein Profil, das aus einer bestimmten Kombination von Ofen, Leiterplatte und Rezept hervorgehen wird.
- Sie können auf der Grundlage einer vorhandenen Paq-Datei eine einfache Vorhersage durchführen. Sie benötigen hierfür keine charakterisierte Leiterplatte bzw. kein Rezept.

Die Rezeptvorhersage für eine bestimmte Kombination aus Sollprofil, Ofen und Leiterplatte kann auf zwei Arten erfolgen:


- Lassen Sie automatisch nach vorhandenen Rezeptdateien suchen, die dem markierten Sollprofil am ehesten entsprechen.
- Lassen Sie automatisch neue Rezepte erstellen, die speziell auf das Sollprofil zugeschnitten sind.

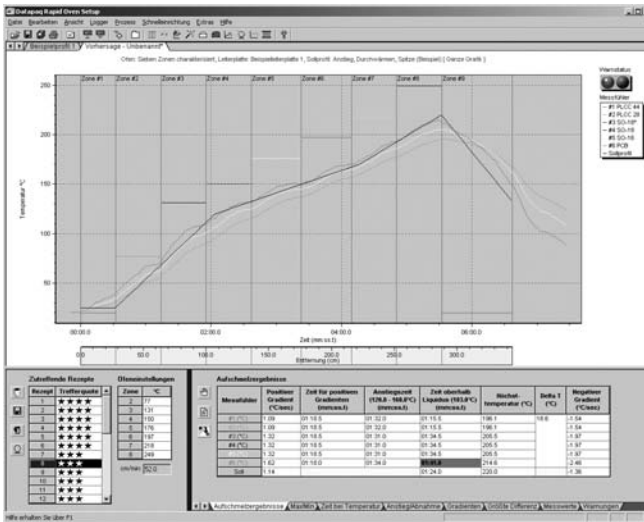
Alle Vorhersagen werden mit dem **Vorhersageassistenten** durchgeführt (auf  oder  klicken oder Extras > Assistenten wählen).

Nach der Durchführung werden die Ergebnisse im Grafik- und im Analysefenster der Insight-Software angezeigt, in denen weitere Tests und Analysen ausgeführt werden können.

Dieser Abschnitt erläutert wesentliche Aspekte bei der Interpretation und Verfeinerung von Vorhersagen.

Interpretation der Ergebnisse

In der folgenden Abbildung sehen Sie die Ergebnisse einer typischen Rezeptvorhersage. Links unten auf dem Bildschirm werden Rezepte in einer Rangfolge aufgelistet. Die Übereinstimmung der erwarteten Ergebnisse mit dem Sollprofil wird anhand von Sternen dargestellt. Wenn Sie ein Rezept markieren, werden die Temperaturen, auf die die einzelnen Ofenzonen eingestellt werden sollen, rechts in der Tabelle angezeigt. Sie können das Rezept speichern, indem Sie auf  (links von der Rezeptliste) klicken, und somit eine Rezeptdatei erstellen. Informationen zu Rezeptdateien finden Sie in der Online-Hilfe der Insight-Software unter Prozessdateien: Ofen, Rezept, Produkt. Umfassende Möglichkeiten der Datenanalyse werden Ihnen über die Registerkarten rechts unten auf dem Bildschirm geboten.






Ergebnisse einer Rezeptvorhersage. Beachten Sie, dass das in der Liste markierte Rezept im aktuellen Beispiel eine Warnung in der Spalte Zeit oberhalb Liquidus des Analysemodus Aufschmelzergebnisse enthält und sich daher nicht eignet. Die mit vier Sternen gekennzeichneten Rezepte, die sich oberhalb in der Liste befinden, liefern eine gute Vorhersage ohne Warnungen.

Rezept bearbeiten

Falls ein durch Rezept- oder Profilverhersage erzeugtes Profil inakzeptabel ist, können Sie die Ofeneinstellungen des entsprechenden Rezepts ändern und die Auswirkungen auf den Profilverlauf und die Datenanalyse beobachten.

- **Bei Profilverhersage** – Bearbeiten Sie die Werte direkt.

- **Bei Rezeptvorhersage** – Markieren Sie das Rezept in der Liste, klicken Sie auf  (um auf der Grundlage des markierten Rezepts ein benutzerdefiniertes Rezept zu generieren) und geben Sie die neuen Einstellungen ein.

Klicken Sie anschließend auf , um ein überarbeitetes Profil zu generieren, und ggf. auf  (links von der Rezeptliste), um die neue Rezeptdatei zu speichern.

Sie müssen aus dem geänderten Rezept eine neue Vorhersage generieren, bevor Sie das Rezept speichern können.

Vorhersagen mit Testprofil verfeinern

Die Ergebnisse einer Vorhersage können durch Ausführung des **Testprofilassistenten** verfeinert werden. Dieser Assistent führt Sie durch die Aufzeichnung weiterer Profile zur Leiterplatte. Rapid Oven Setup analysiert die resultierenden Profile und modifiziert die thermisch wirksamen Massen, die zuvor für die Leiterplatte berechnet wurden. Dies hat eine verbesserte Qualität der Vorhersage zur Folge.

Bei der Aufzeichnung von Testprofilen müssen die Ofeneinstellungen und Messfühlerpositionen mit denen der Vorhersage identisch sein.

Fehlerbehebung

Schlechte Vorhersagen können auf Probleme oder Fehler in beliebigen Teilen einer Vorhersage zurückzuführen sein. Bei der Dateneingabe bzw. Ausführung von Durchläufen ist immer sorgfältig vorzugehen.

Ursachen für schlechte Vorhersagen

Ungültige Zonenlängen

Die aktuellen Zonenlängen des Ofens stimmen mit den Längen in der Ofendatei nicht überein.

Falsche Einrichtung von aktiven/passiven Zonen

Stellen Sie sicher, Sie die Ofenzonen korrekt als aktive (beheizte) oder passive (unbeheizte) Ofenzonen definiert haben (siehe S. 48).

Untypisches Rezept für Ofencharakterisierung verwendet

Stellen Sie sicher, dass die für die Ofencharakterisierung verwendeten Rezepte für die in der Produktion verwendeten Rezepte typisch sind. Je stärker die Einstellungen vom „Normalen“ abweichen, desto größer das Risiko möglicher Fehler in den Vorhersagen.

Eingabe falscher Rezepteinstellungen für Ofen

Die Rezepteinstellungen des Ofens (Temperatureinstellungen) und die tatsächlichen Temperatureinstellungen, die bei der Ofencharakterisierung vorgenommen wurden, stimmen nicht überein.

Eingabe einer falschen Ofengeschwindigkeit

Die tatsächliche Zeit, die das Produkt in den einzelnen Ofenzonen verbringt, weicht von den ermittelten Zeiträumen ab.

Zeitraum für Erwärmung bzw. Stabilisierung des Ofens unzureichend

Dies hat zur Folge, dass sich die tatsächlichen Temperaturen von den eingestellten Temperaturen unterscheiden bzw. dass es während der Stabilisierung zu größeren Temperaturschwankungen kommt.

Ofen mit Störungen

Einige Öfen sind von Natur aus instabil oder weisen große Temperaturunterschiede über die Breite des Förderbands auf. Verwenden Sie die statistische Prozessregelung (S. 35) oder Surveyor (S. 37), um die Ofenleistung zu überwachen.

Wärmeübertragungssensor befindet sich im Laderahmen mit der Rückseite nach oben

Stellen Sie sicher, dass der Wärmeübertragungssensor korrekt am Laderahmen angebracht ist und als erstes in den Ofen eintritt (S. 49).

Thermoelemente des Wärmeübertragungssensors nicht korrekt am Logger angeschlossen

Stellen Sie sicher, dass die Sensoren wie folgt angeschlossen sind:

Kanal 1 – Luftsensoren

Kanal 2 – Glänzender goldener Sensor

Kanal 3 – Schwarzer Sensor

Verschmutzter oder beschädigter Wärmeübertragungssensor

Die Sensoren zum Wärmeübertragungssensor müssen schmutzfrei und in gutem Zustand sein. Der goldene Sensor muss glänzend sein. Ist der Luftsensoren gebogen, stimmt er mit den anderen Sensoren nicht mehr überein und verursacht Fehler.

Luftsensoren berührt Förderband

Wird der Wärmeübertragungssensor auf einem Förderband eingesetzt, muss Sorge getragen werden, dass der Luftsensoren das Band nicht berührt. Falls es das Band doch berührt, misst das Thermoelement die Band- und nicht die Lufttemperatur, was zu Fehlern bei der Charakterisierung führt.

Wärmeübertragungssensor oder Leiterplatte sitzt im Ofen fest

Manchmal kann es vorkommen, dass Gegenstände – meist kurzfristig – im Ofen stecken bleiben. Dies kann durch Thermoelementkabel verursacht werden, die sich kurzzeitig am Band, an der Kette, am

Steuerungsthermoelement usw. verhaken. Dies ist nicht unmittelbar offensichtlich, doch das Profil ist länger als erwartet.

Unvollständige oder ungenaue Daten in der CAD-Datei

Prüfen Sie vor allem die Dicke der Leiterplatte sowie die Höhe und das Material der Bauelemente.

Inkonsistente Anbringung von Thermoelementen an der Leiterplatte

Die vom Thermoelement gemessene Temperatur ist stark davon abhängig, wie es an der Leiterplatte angebracht wird.

Probleme beim Bestätigungslauf

Mangelhafte Ergebnisse während eines Bestätigungslaufs (Profilaufzeichnung einer Leiterplatte, um die Genauigkeit des vorausgesagten Rezepts zu prüfen) können auf die Bedingungen während dieses Durchlaufs zurückgeführt werden und müssen nicht durch eine schlechte Vorhersage verursacht worden sein.

Dazu gehören folgende Situationen:

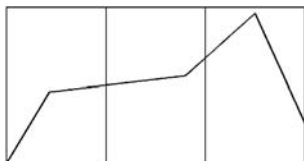
- Beim Bestätigungslauf haben sich Thermoelemente gelöst
Dies hat zur Folge, dass das Thermoelement die umgebende Lufttemperatur misst.
- Thermoelemente an falschen Loggerkanälen angeschlossen
- Zustand des Ofens bei Charakterisierung weicht vom Zustand beim Bestätigungslauf ab
Die Temperatureinstellungen der Zonen stimmen möglicherweise überein, jedoch können für Ventilatoren und Drücke unterschiedliche Einstellungen bestehen. Möglicherweise war es dem Ofen nicht möglich, sich ausreichend zu erwärmen bzw. zu stabilisieren. Unstimmigkeiten treten auch dann auf, wenn der Charakterisierungslauf mit dem Kettentransportsystem und der Bestätigungslauf mit der Leiterplatte auf dem Band durchgeführt wird.

Probleme mit Rezeptvorhersagen

Stellen Sie vor allem sicher, dass der Ofen in der Lage ist, das Sollprofil zu erzielen (S. 57). Ein Sollprofil ist ungültig, wenn zum Beispiel die Höchsttemperatur in der Kühlzone oder eine schnelle Temperaturänderung in der Mitte der Zone auftritt.

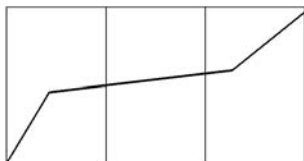
Sollprofil nicht mit aktiver Kühlzone vereinbar

In den meisten Öfen handelt es sich bei der letzten (Kühl-)Zone um eine passive (unbeheizte) Zone. Wird die letzte Zone als aktive (beheizte) Zone gekennzeichnet, kann Folgendes passieren:



In diesem Beispiel umfasst der Ofen drei aktive Zonen und das Sollprofil weist in der Mitte der letzten Zone eine Spitze auf. Dies ist jedoch in der Praxis nicht umsetzbar, denn ein Profil kann nicht mitten in einer aktiven Zone abkühlen. Rapid Oven Setup stellt dies fest und passt das

Sollprofil wie unten dargestellt an, sodass sich die Spitze am Ende der letzten Zone befindet.



Dies mag Sie überraschen, ist aber notwendig, um die Möglichkeit ungültiger Vorhersagen gering zu halten. Falls die letzte Zone eine aktive Kühlzone ist, wird sie von Rapid Oven Setup leider trotzdem als aktive Heizzone behandelt. In einem solchen Fall muss der Benutzer

sicherstellen, dass das Sollprofil mit dem Ofen vereinbar ist und die Spitze nicht in der aktiven Kühlzone auftritt.

Fehlerbehebung

Thermoelemente überprüfen

Die Thermoelemente sind in der Regel zuverlässig, doch aufgrund von Schäden durch unsachgemäße Verwendung oder Handhabung können fehlerhafte Messwerte erfasst werden. Wenn Sie im Temperaturprofil ungültige Daten vermuten, wählen Sie im Analysefenster der Insight-Software die Registerkarte Messwerte, um die Originalmesswerte, so wie sie vom Logger heruntergeladen wurden, anzuzeigen. Eine Paq-Datei kann verschiedene Arten von ungültigen Daten aufweisen. Diese werden in der Analysetabelle folgendermaßen gekennzeichnet:

- *OC* Offener Stromkreis
- *NA* Daten nicht verfügbar
- *LO* Gemessene Temperatur lag unter dem Temperaturbereich des Loggers
- *HI* Gemessene Temperatur lag über dem Temperaturbereich des Loggers
- **
*** Berechnung nicht möglich (nicht zwangsläufig aufgrund ungültiger Daten); erscheint nicht im Analysemodus Messwerte.

Thermoelemente mit periodisch auftretendem offenem Stromkreis können stark schwankende Profile verursachen. Beachten Sie, dass sich Spitzen im Profil nicht vermeiden lassen, wenn die Thermoelemente bei laufendem Datenlogger (während der Aufzeichnung) entfernt werden. Ungültige Daten oder Unterbrechungen in der Datenerfassung können folgende Ursachen haben:

- Ein Thermoelement hat sich vom Logger gelöst.
- Die Verbindung ist fehlerhaft.

Die Ursache sich widersprechender Messwerte kann beispielsweise ein Kurzschluss sein. Dieser kann dadurch verursacht werden, dass sich nicht isolierte Drähte vor der Messstelle berühren. Dieses Phänomen ist als „falsche Messstelle“ bekannt und kann sogar im Hitzeschutzbehälter auftreten, wenn die Isolierung beschädigt ist.

Die betroffenen Thermoelemente müssen in diesem Fall ausgetauscht werden.

Europa und Asien

Datapaq Ltd
Lothbury House
Cambridge Technopark
Newmarket Road
Cambridge CB5 8PB
Großbritannien
Tel. +44-(0)1223-652400
Fax +44-(0)1223-652401
sales@datapaq.co.uk

Nord- und Südamerika

Datapaq, Inc.
3 Corporate Park Dr., Unit 1
Derry, NH 03038
USA
Tel. +1-603-537-2680
Fax +1-603-537-2685
sales@datapaq.com

China

Datapaq Ltd
3rd Floor, Lane 280-6
Linhong Road
Shanghai 200335
China
Tel. +86(0)21-6128-6200
Fax +86(0)21-6128-6221
Fax +86(0)21-6128-6222
sales@datapaq.com.cn



A Fluke Company

www.datapaq.com