



## **LIFE-Project „LEADFREE“**

### **Schlussbericht Laienfassung**

**Project Number:** LIFE05 ENV/D/000197

**Full Title:** Demonstration and Training Lead-Free Soldering for European Industry in Order to Promote Environment-Friendly Electronic Production

**Beneficiary:** Fraunhofer Institut für Siliziumtechnologie

**Total Budget:** € 4 380 782

**LIFE Contribution:** € 1 738 879

**Period:** Apr-2005 to Oct-2008

**Website:** [www.life-leadfree.de](http://www.life-leadfree.de)

## **1 Hintergrund: Umweltinitiativen**

### *Gefahrstoffe und das High-Tech Müll-Problem*

In Europa gehen jedes Jahr schätzungsweise 60 Millionen neue PCs über den Ladentisch, während 12 Millionen Stück in der Europäischen Union entsorgt werden. Genau wie in Amerika gibt es auch hier Massen an verborgener Altelektronik in Kellern und Garagen – eine unglaubliche Masse an Plastik-, Metall-, Chemie-, und Glasmüll. Dieser Abfallberg enthält mehr als 2 Mrd kg Plastik, 0,5 Mrd kg Blei, 0,9 Mio kg Cadmium, 0,6 Mio kg Chrom, und annähernd 200.000 kg Quecksilber.

Dieser Abfall landet auf Deponien oder in Ländern wie China zum “Recycling”.

Dieses Recycling bringt hierbei möglicherweise mehr Schaden als Vorteile. Nicht nur werden Erwachsene und Kinder bei der Stoff-Verwertung mit Schwermetallen vergiftet sondern diese Metalle kehren in neuen Produkten nach Europa und USA zurück. „Die Vereinigten Staaten verschiffen derzeit große Mengen verbleiten Materials nach China, und China ist eines der welt-größten Fertigungszentren,“ sagt Jeffrey Weidenhamer, Chemiker an der Ashland University in Ohio. „Es überrascht absolut nicht, dass der Stoffkreislauf sich nun schließt und wir verunreinigte Produkte zurückbekommen.“

Ein Schlüssel zur Erkennung der Relevanz zunehmender Kompetenz im Einsatz bleifreier Lötprozesse liegt darin, dass die Triebfeder der europäischen Elektronikindustrie nicht die Massenfertigung in der Großserie, sondern die Fertigung in kleinen Losgrößen ist. Der Erfolg dieses Sektors liegt in der Fähigkeit, sich an die unterschiedlichen Fertigungsanforderungen wechselnder Produkte anzupassen, was eine besondere Herausforderung an die Fertigungstechnologie bedeutet. Expertise in

Prozess-Know-How und –Kontrolle in Kombination mit flexibler Fertigung bildet die Basis zum Erfolg dieses Sektors.

### *WEEE und RoHS*

Die europäische Richtlinie zur Rücknahme elektrischer und elektronischer Produkte (Waste Electrical and Electronic Equipment, WEEE) wurde zusammen mit der Richtlinie zu den Stoffverboten (Restrictions of the use of certain Hazardous Substances in electrical and electronic equipment, RoHS) am 13. Februar 2003 in Kraft gesetzt. Ziel der WEEE ist die Minimierung der Auswirkung dieser Produkte auf die Umwelt, sowohl während der Gebrauchsdauer als auch als Abfall. Dieses Gesetz betrifft ein riesiges Produktspektrum. Es fördert Aspekte und setzt Kriterien zur Sammlung, Behandlung, Recycling und Rückgewinnung von Elektro-Altgeräte-Abfällen. Das Gesetz macht die Hersteller für die Finanzierung dieser Aktivitäten verantwortlich (Hersteller-Verantwortung). Privathaushalte müssen Elektro-Altgeräte kostenfrei abliefern können. Die Kosten für Elektronikschrott werden auf 350-500 Mio € geschätzt. Verschiedene Produktkategorien haben unterschiedliche Endtermine. Die von der Richtlinie betroffenen Stoffe sind:

- Blei (insbesondere in Lötstellen und lötbaren Endschichten an elektronischen Bauteilen und Leiterplatten)
- Quecksilber
- Cadmium
- Sechswertige Chromverbindungen
- Polybromierte Biphenyle (PBB)
- Polybromierte Diphenylether (PBDE)

RoHS gilt für diese Produkte unabhängig davon, ob sie in der EU hergestellt oder importiert wurden. Es gibt Ausnahmeregelungen, die jedoch regelmäßig von der EU überarbeitet werden.

Der zulässige Grenzwert für die genannten Schadstoffe beträgt 0,1 Gewichts-% oder 1.000 ppm (außer für Cadmium, welches auf 0,01% limitiert ist) im homogenen Material. Das bedeutet, dass die Grenzen sich nicht auf das Gewicht des fertigen Produkts beziehen, auch nicht auf einzelne Komponenten, sondern auf jede einzelne Substanz, die (theoretisch) mechanisch abgetrennt werden könnte – z. B. die Isolation eines Kabels oder die Verzinnungsschicht auf einem Bauteilanschluss. Jeder Bestandteil eines Produktes, der als homogenes Material zu erkennen ist muss den Grenzwert einhalten. Wenn sich herausstellt dass ein Gehäuse aus Kunststoff besteht, in dem 2.300 ppm (0,23%) PBB als Flammschutzmittel eingesetzt werden, dann ist das gesamte Radio nicht konform mit den Forderungen der Richtlinie.

## **2 Das LEADFREE Projekt: Verbindung von Fertigkeiten und Technologie**

### ***2.1 Bleifreie Weichlote verengen das Prozessfenster***

Die europäische Lösung zur Vermeidung bleihaltiger Weichlote sind Legierungen mit ca. 40°C bis 50°C höheren Schmelztemperaturen im Vergleich zu den konventionellen Sn-Pb-Loten, obwohl Legierungen mit deutlich niedrigerem

Schmelzpunkt vorhanden sind. Die höher schmelzenden Lote bestehen aus Zinn, mit geringen Anteilen von Silber und Kupfer; sie werden als SAC-Lote bezeichnet (SnAgCu); diese Lote sind für Elektronik-Anwendungen bei erhöhter Umgebungstemperatur von Vorteil, z. B. für Automobilelektronik in Motor- und Getriebesteuerungen. Niedriger schmelzende Lote aus Zinn mit Anteilen von Silber und Wismuth, Indium, oder auch Zink, sind prozesstechnisch anspruchsvoller und weniger kompatibel mit Verunreinigungen aus bleihaltigen Loten oder Bauteilbeschichtungen; Indium ist aufgrund seiner geringen Verfügbarkeit (weltweit werden jährlich nur ca. 100 t hergestellt) keine echte Alternative. Aus diesen Gründen werden für die komplexen Produkte in Europa die SAC-Lote verwendet. Die Lötwärmebeständigkeit von Bauteilen und Leiterplatten konnte jedoch nur um 25°C höher qualifiziert werden. Außerdem mussten Flussmittel und Lotpasten, und Beschichtungs- und Maskenwerkstoffe weiterentwickelt werden, um längere Zeit den höheren Arbeitstemperaturen des bleifreien Lötens widerstehen zu können. Nach wie vor gibt es Bauteile, die sich nur mittels selektiver Lötprozesse, mit Hilfe von Wärmeschutzkappen, oder unter Verwendung teurer niedrig schmelzender Lote verarbeiten lassen.

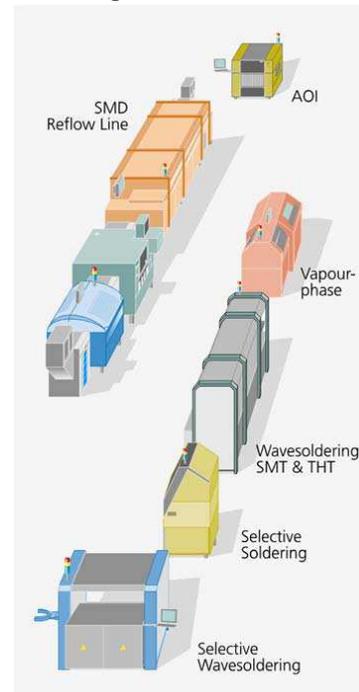
Technisch bedeuten diese Randbedingungen ein kleineres Prozessfenster zwischen Lötwärmebedarf und Lötwärmebeständigkeit. Der Gewinn für Gesundheit und Umwelt hat seinen Preis, nämlich in erhöhten Produktionskosten durch Investitionen in neue Geräte und Anlagen, durch Anlernen von Mitarbeitern, durch Fertigungsversuche zum bleifreien Löten, was sich in höheren Fehlerraten niederschlägt. Außerdem bedeuten diese Fertigungsversuche Unterbrechungen für die Erprobung neuer Lote, Lötbarkeitstests, und das Selbsttraining im Umgang mit bleifreier Technologie.

Ganz allgemein gesagt, werden durch das Bleiverbot teure neue Gerätschaften für Fertigungslinien und neue Endsichten für die Anschlüsse elektronischer Bauteile benötigt. Außerdem steigt der Anspruch an die Lötwärmebeständigkeit von Bauteilen und Leiterplatten.

## 2.2 Streben nach Null-Fehler-Produktion

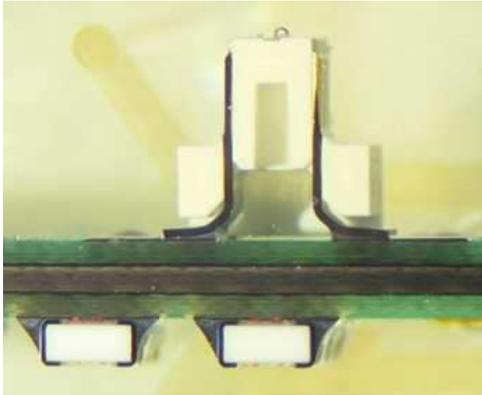
Im LEADFREE-Projekt wurde ein Kompetenzzentrum vom höchsten Kaliber auf dem Fraunhofer ISIT Gelände aufgebaut. Eine voll funktionsfähige Produktionseinrichtung mit einem Investitionsvolumen von 2 Mio. Euro steht für Prozess-Erprobung und Personal-Training in Zusammenarbeit mit Geräteherstellern bereit. Die Fertigungslinie ermöglicht Mitarbeiter-Fortbildung mit Elektronik-Baugruppen ab 50mm bis 300mm Breite und ca. 400mm Länge in RoHS-konformen Zuständen. Auf diesem Wege wurde die Umwelt-Gesetzgebung Motor für nachhaltige Technologie-Entwicklung.

Suboptimale Fertigungsläufe typischerweise verbunden mit dem Anlern-Prozess in den Fertigungsstätten können jetzt vermieden werden, außerdem werden Investitionen für zusätzliche Infrastruktur zum Produktionstraining eingespart.



Weiter wurden Prüfstandards für Lötbarkeitstests, d.h. Lötwärmebeständigkeit und Benetzungstests aktualisiert. Neue Anforderungen waren z. B. von einer Prüftemperatur von 245°C für den Benetzungstest von SAC-Löten, im Vergleich zu 235°C bei Zinn-Blei-Löten.

Die folgenden Angebote des LEADFREE Labors basieren auf Innovationen in Technologien, Methoden und Standards, um auf dem Weg zu einer 100%-Ausbeute für jedes Fertigungslos zu unterstützen:



- Grundlagentraining in Prozesstechnik und Arbeitsablauf
- Fertigungserprobung, betreut von ISIT-Mitarbeitern
- Zerstörungsfreie Prüfung der Lötqualität, um ggf. Reparaturen festzulegen
- Gefüge-Analyse von Materialien, um die Prozessfähigkeit sicherzustellen
- Beratung zu umweltfreundlichem und fertigungsgerechtem Design

Diese Maßnahmen ermöglichen die Überführung von geeigneten Prozessen mit geringer Fehlerrate direkt in die Fertigung, wodurch ein merklicher Wettbewerbsvorteil für die Europäische Elektronikindustrie entsteht.

### **2.3 Angepasste Fertigungsgeräte**

Für die LEADFREE Linie wurden Geräte mit gegenüber konventionellen Anlagen verbesserter Technik ausgesucht. (deren Ausstattung bereits an die Verarbeitung der höher schmelzenden bleifreien Lote angepasst war.) In der Wellenlötanlage genau wie in der Selektiv-Welle sind die Oberflächen der Lottiegel, Pumpen- und Düsentteile, die ständig von bleifreiem Lot umspült werden, beschichtet, um die Korrosion durch das flüssige Metall zu verhindern. Eine genauere Temperaturregelung, verbesserte Vorheizung, Vermeidung von thermischem Übersprechen zwischen benachbarten Heizzonen, und eine bessere thermische Isolierung sind weitere Merkmale der neuen Technik von Reflow- und Wellenlötanlagen für die bleifreie Löttechnik.

Diese Maßnahmen haben sich als vorteilhaft für die Prozessstabilität bei engerem Prozessfenster ebenso wie den Energieverbrauch erwiesen, gleichzeitig also auch Vorteile für die Umwelt gebracht. Auf diese Weise hat das LEADFREE Projekt ein gemeinnütziges, vorwettbewerbliches Kompetenzzentrum für Vorfürungen, Training und Erprobung hervorgebracht. Hier können europäische Elektronikfertiger mit eigenen Materialien und Testobjekten kommen und Lötanlagen für bleifreie Technologie nach dem neuesten Stand einschließlich Praxistraining erproben, unterstützt von wissenschaftlich/technischem Personal samt Analytik.

### **2.4 Prozess- und Produktqualifizierung**

Zulieferer und Baugruppenhersteller sind eingeladen, Fertigungsversuche in der Trainingslinie durchzuführen. Zur Ermittlung passender Parameter erhalten sie dabei Unterstützung in der Prozessführung und durch qualifizierende Analytik, eingeschlossen z. B. Temperaturwechsel geeignet für beschleunigte

Zuverlässigkeitstests. Die Kompetenz des Trainingszentrums liegt in den folgenden Aktivitäten:

- Versuchsplanung zur Ermittlung von Prozessfenstern
- Auffindung von Materialfehlern und Bestimmung der Prozessgrenzen von Material und Gerätschaften
- Beratung bei Versuchsläufen zum Vergleich und zur Optimierung von Geräten
- Versuchsplanung und Unterstützung im Vergleich verschiedener Materialien zur Minimierung der Fehlerraten z. B. bei Verwendung RoHS-konformer Lotpasten und Leiterplatten-Laminaten.

Der Schwerpunkt der Kompetenz liegt in der Bewertung von Fertigungsqualität und Zuverlässigkeit mikroelektronischer Baugruppen und Module, einschließlich der Anlieferqualität von Bauteilen und Leiterplatten. Die Untersuchungsmethoden umfassen zerstörende metallographische Verfahren und zerstörungsfreie Methoden, z. B. Röntgendurchstrahlung. Die Bewertung des Langzeitverhaltens der Baugruppen basiert auf der Entwicklung einer Anforderungsmatrix unter Einbeziehung von Modellrechnungen, Umwelt- und Belastungstests bis hin zur Ausfallanalyse. Zur Optimierung der Fertigungsprozesse wendet das Institut Prozessmodelle an, und fertigt Muster auf Liniengeräten für Massenproduktion ebenso wie auf Rework-Systemen. Ferner arbeitet das ISIT auf dem Feld des Wärmemanagement und der Zuverlässigkeit kundenspezifischer Leistungsmodule.

## **2.5 Informationsbasis und Verbreitung**

Der Erkenntnisgewinn aus der Gemeinschaftsforschung durchgeführt an der Trainingslinie ist üblicherweise in Form frei zugänglicher Berichte verfügbar, wenn das Projekt aus einer öffentlichen Quelle unterstützt wurde. Diese und andere nicht klassifizierte Informationen fließen in Seminarinhalte ein, d. h. es werden Präsentationen in Vorbereitung von Seminar- und Trainingsveranstaltungen erstellt.

Zusätzliche Erfahrungen zum Bedarf der Industrie stammen aus Aktivitäten als Master IPC Trainer für den Industriestandard IPC A-610 "Abnahmekriterien für elektronische Baugruppen". Dies ist ein global anerkanntes Trainingsprogramm, welches die Mitarbeiter in Fertigung und Inspektion überwiegend vor Ort an ihrem Arbeitsplatz erreicht. [auch der IPC hat seine Verantwortung für umweltfreundliche Fertigung mit Hilfe der Einführung bleifreier Lote und dazu geeigneter Fertigungsprozesse erkannt, frühzeitig Roadmaps erstellt und bestehende Normen entsprechend angepasst und aktualisiert.]

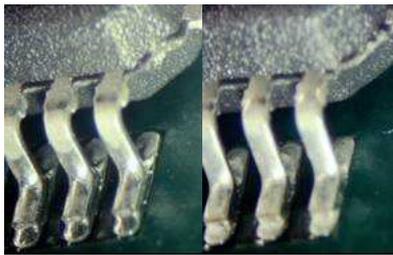
Im Verlauf des LEADFREE Projekts wurden die Industriestandards ständig beobachtet um die Einführung neuer Anforderungen an Materialien, Prozesse, und Fertigkeiten durch Design und Fertigung umweltfreundlicher Produkte zu verfolgen. Normungsgremien des IPC nahmen Änderungen schnell auf und setzten sie in neue „bleifreie“ Kriterien in Normen betreffend Gestaltung, Ausführung, und Leistungsanforderungen um. Das IPC-A- 610 Training wurde z. B. während des LEADFREE-Projektes adaptiert. Später folgten IEC- und EN-Normen.

## **2.6 Seminar & Training Inhalte und Formen**

Die Präsentationen sind nach Themen sortiert, beginnend mit Theorie zur Gestaltung unter dem Kürzel "DfX" ("Design for Excellence" = Design for Manufacturing / Test / Environment-Friendly Products, d.h. fertigungsgerechtes, Prüf-optimiertes, umweltfreundliches Design), gefolgt von Themen zum Schwerpunkt Prozesstechnik,

und schließlich der Schwerpunkt auf die Zuverlässigkeit umweltfreundlich produzierter Baugruppen.

Die Prozess-Themen werden in Form praktischer Übungen durchgeführt, um den Stand der Technik zu vermitteln und um die handwerklichen Fertigkeiten der Bediener zu verbessern. Auswahl und Handhabung der Materialien, Praktiken der Prozess-Verbesserung, und Fehler-Ursachen und –Auswirkung zu ermitteln wird an Test-Leiterplatten mit vorsätzlichen Designfehlern, oder mit Parametern außerhalb des Prozessfensters geübt. Die Teilnehmer sollen die Fehler richtig finden und dokumentieren, Vorschläge zur Änderung der Einstellungen machen, und diese dann umsetzen, um die Fehler zu beheben.



Zinn-Blei      Zinn-Silber-Kupfer  
Lötstellen-Oberflächen

Neben Elementen des Hand-, Reflow-, Wellen- und Selektivlötens umfasst das Seminar- und Beratungsprogramm zur Bleifrei-Adaption auch Lotpastendruck, Bauteilplatzierung, Inspektion bis hin zu AOI (automatische optische Inspektion), und weitere Maßnahmen zu Design und Logistik wie LCA (Life Cycle Analyse) und EMAS (Environmental Management & Audit- System:

[http://ec.europa.eu/environment/emas/index\\_en.htm](http://ec.europa.eu/environment/emas/index_en.htm)).

Für die grundlegenden Lehrinhalte zum Materialverhalten, Gerätequalifizierung und Optimierung von Prozessschritten werden Tischgeräte verwendet. Das ermöglicht einfachen Transport von Geräten – einschließlich Geräten zur Musterfertigung und Reparatur – an verschiedene Trainingsorte, z. B. zu in-house Seminaren. Auf diese Weise kann nicht nur die Theorie, sondern auch das Praxistraining vor Ort kommen.

Zielgruppen sind Entwicklungs- und Produktmanagement-Ingenieure aus den Feldern Gestaltung und Zuverlässigkeit, Prozess-Ingenieure und Bediener tätig in den Feldern Löt- und Bestückungstechnik, und ungelernete oder angelernte Kräfte für Handlöten und Reparatur. Zum Handlöten, zur Prozessoptimierung im automatischen Prozess, und zu Reparatur und Nacharbeit an dafür bestimmten Rework-Stationen werden spezielle Trainingsmaßnahmen angeboten.

Alle diese Seminarinhalte werden mindestens zweimal pro Jahr in der LEADFREE Trainingslinie angeboten. Diese Zentralveranstaltungen werden breit beworben, die Teilnehmer kommen aus verschiedenen Einrichtungen (mehrere Kunden). Alternativ werden die Seminare oder Workshops auf Anfrage im Hause des Kunden, oder auch als Einzelmaßnahme in der Trainingslinie durchgeführt. Die dritte Möglichkeit ist die Durchführung an externen Plätzen, organisiert z. B. in geeigneter Ausstellungs-Umgebung. Im Falle von Lötprozess-Seminaren ist dies meist ein gemeinschaftlicher Aufwand von Geräte-Herstellern und Händlern zusammen mit den LEADFREE-Mitarbeitern.

### **3 Ergebnisse Teil I: Zertifizierte Kurse in umweltfreundlicher Fertigung von Elektronikprodukten**

Wie in den Teilaufgaben C und D des LEADFREE Projektvorschlags beschrieben, wurde ein mit der Industrie abgestimmtes Curriculum entwickelt. Basis dafür waren 15 Jahre Erfahrung mit konventionellen Lötseminaren, Teilnahme an Projekten der angewandten Forschung zu bleifreier Löttechnologie und Gemeinschaftsprojekte mit Gruppen von Kunden zu Prozess und Materialien. Alle diese Aktivitäten liefen in

Zusammenarbeit mit Experten aus der Industrie, zum Teil vor Ort an Produktionslinien durchgeführt. Mehrere der erwähnten Projekte wurden im Rahmen der industriellen Gemeinschaftsforschung des DVS (Deutscher Verband für Schweißen und verwandte Verfahren, i.e. German Welding Society) und seinen Fachausschüssen durchgeführt. Der DVS blickt auf ein halbes Jahrhundert Erfahrung in der Ausbildung von Praktikern, Fach- und Führungskräften für die Schweißtechnik, und über eine Dekade Erfahrung mit hochqualifiziertem Training für Arbeitskräfte, Fachkräfte, und Ingenieure in der Klebtechnik. Auf dem Hintergrund dieser Ausbildungstradition, und nach der Erfahrung von einem Jahr Training in umweltfreundlichen Lötprozessen für elektronische Baugruppen, begann das letzte Jahr des LEADFREE Projekts mit der Gründung der Arbeitsgruppe AG V 6.3 "Ausbildung Weichlöten in der Elektronikfertigung". Diese Arbeitsgruppe schrieb Richtlinien für Grundlagen- und Aufbau-Training für

- Handlöt-Arbeitskräfte, ohne vorhergehende Ausbildung, Dauer eine Woche
- Lötfachkraft/Elektronikfertigung, eine gewerbliche Ausbildung oder vergleichbare Berufserfahrung wird vorausgesetzt; Dauer drei Wochen, die unabhängig voneinander über bis zu 3 Jahre besucht werden können
- Anforderungen an Bildungseinrichtungen für das Handlöten, Baugruppenmanufaktur mit Tischgeräten, und für die automatisierte Fertigung elektronischer Produkte
- Ein Rahmenprogramm für die Spezialausbildung zum Lötfachingenieur/-ingenieurin, Dauer zwei Monate.

Die Arbeitsgruppe hat ferner Trainingshandbücher, mit Präsentationen und Prüfungsteilen geeignet zur Zertifizierung der Trainingsteilnehmer zusammengestellt.

Das ursprünglicher LEADFREE Testvehikel wurde modifiziert und an die verschiedenen Anforderungs-Ebenen der Fertigungs-Übungen für Hand- und Maschinenfertigung angepasst. Als Ergebnis liegen nun drei Übungs- und Prüfungsstücke vor; diese repräsentieren typische Stufen in niedriger, mittlerer und hoher Baugruppen-Komplexität, sowohl für THT- als auch für SMT (Durchsteck- bzw. Oberflächenmontage-Technologie). Dieses Programm war zum Projektende komplett und bereit zur Zertifizierung. Zwischenzeitlich wurden diese Kurse alle mindestens einmal durchgeführt, und die Richtlinien zum Programm wurden von der DVS Arbeitsgruppe Schulung und Prüfung (AGSP) im November 2008 verabschiedet.

## **4 Ergebnisse II: Resonanz der Industrie**

Während der Laufzeit des LEADFREE Projekts trat die Notwendigkeit für mehr Fachpersonal in High-Tech Branchen einschließlich der Elektrotechnik deutlich zutage. Mehrfach gingen Berichte durch die Medien, nach denen der Mangel an Ingenieuren und Technikern die Entwicklung neuer Produkte und Technologien bremste.

Bald 900 Teilnehmer aus 570 Firmen nahmen an den Seminaren und Workshops als Teil der Trainingsmaßnahmen in 2007 teil. Im Vergleich zu den Zahlen von 2006 (ca. 320 Teilnehmer aus 240 Firmen) ist die Steigerung beachtlich.

Insbesondere KMU kommt das Angebot zur Unterstützung bei der Einführung umweltfreundlicher Elektronikfertigung zugute. Sie werden dadurch in die Lage versetzt, nicht nur die neue EU Umweltgesetzgebung zu meistern, sondern von dem gewonnenen technologischen Vorteil auf lange Sicht im globalen Markt zu profitieren.

Dieses wurde durch Koordination, Bündelung und Optimierung der kritischen Masse Europäischer Forschung in bleifreier Löttechnik erreicht, um so quer durch Europa Unterstützung bei der Einführung der RoHS Direktive zu geben.

Diese Entwicklung ist der Beleg für den Erfolg von LEADFREE. Das Projekt gibt einen vielversprechenden und anregenden Ausblick auf die Aktivitäten, die im Projekt angelegt, nun über das Ende des Projektes hinaus laufen.

LEADFREE führte von Kontakten unterschiedlichen Partnerschaften, die einerseits die LEADFREE Marketing Aktivitäten verstärken, und andererseits konkrete Unterprojekte ermöglichen, wie auch gemeinsame Workshops und Seminare.

Einer der wichtigsten Erfolge ist die Akquisition angesehener Firmen, die sich über das ISIT in LEADFREE eingebracht haben. Eine Übersicht von Firmen aus dem Kreis des Hamburger Lötzirkels, die an einem der Gemeinschaftsprojekte teilnahmen, ist im Bild „bleifrei-Firmenlogos“ gezeigt.



## 5 Ergebnisse III: Verbreitungswege und Training

### 5.1 Marketing

Neben den üblichen Wegen per Post und e-mails wurde die Information zu den LEADFREE Maßnahmen auch über die Vertriebsorganisationen der Gerätehersteller verbreitet, außerdem über Rubriken in technischen Journalen, und in den LEADFREE und Fraunhofer ISIT Webseiten. Die Seminare zu DfX und kompaktes Prozesstraining werden ferner als Teil des FED (Fachverband Elektronik-Design) Bildungsprogramms angeboten. Mit Blick auf die Zukunft wird die Zertifizierung nach DVS-Richtlinien (DVS = Deutscher Verband für Schweißen und verwandte Verfahren e.V. Duesseldorf ) als passend zur Integration in die Programme zur langfristigen Personalentwicklung in Unternehmen der Baugruppenfertigung. Das Seminar "Soldering for Reliable Power Electronics (Löten zuverlässiger Leistungselektronik)" wurde gemeinsam mit dem ECPE (European Centre for Power Electronics) entworfen und wird durch diesen Partner in einer europaweiten Zielgruppe angeboten.

### 5.2 Durchgeführte Kurse

Bereich, Tiefe und Engagement des LEADFREE Konzeptes wird aus den über 20 Trainingsmaßnahmen deutlich, die im Programm für 2008 standen (siehe Programmübersicht im Anhang), d.h. im Schlussjahr des Projektes. Die Mehrzahl dieser Veranstaltungen fand am Ort der LEADFREE Trainingslinie in Itzehoe statt. Externe Orte waren Bamberg und Bad Segeberg in Deutschland, Thun in der

Schweiz, Stockholm in Schweden, und die aufwändigste externe Veranstaltung lief über 2 Wochen in Timisoara, Rumänien. Diese bestand aus einem Auszug der gesamten Inhalte, die im Verlaufe des LEADFREE Projekts zusammengestellt wurden, um die Übertragung auf andere Orte zu erproben. Unter dem Namen „LEADFREE STEW Solder Training and Exhibition Weeks (Bleifreie Löttraining- und Ausstellungswochen)“ wurden in Zusammenarbeit mit der CCIAT Chamber of Commerce and Agriculture of Timisoara (Industrie- und Handelskammer) und der Universitatea Politehnica din Timisoara, Faculty of Electronics and Telecommunication (Polytechnische Universität von Timisoara, Fakultät für Elektronik und Telekommunikation) durchgeführt. Die erste Woche war mit Theorie-Seminaren gefüllt, nämlich zwei Tage mit Schwerpunkt auf Entwicklung, dann ein Tag Ausstellung, gefolgt von zwei Tagen mit dem Schwerpunkt auf Baugruppenfertigung. Die zweite Woche bestand aus einem Lehrabschnitt über 5 Tage Praxis an Anlagen der automatischen Baugruppenfertigung.

Ebenfalls im Juli 2008 wurden zwei Workshops für ausgewählte Kundenkreise mit hohen Anforderungen an die Produktleistung durchgeführt. Also in July 2008, two workshops were performed for selected companies with high performance requirements on their products. Das Thema in diesen 2-Tages Workshops war Zuverlässigkeit bleifreier Produkte, eine Frage die bis heute nicht ausreichend geklärt ist. Reliability.

### **5.3 Geschäftsplan für einen Trainings-Anbieter**

Die Ausweitung des LEADFREE Trainingskonzeptes führt zur Möglichkeit der Realisierung einer Kommerzialisierung, und damit zum Angebot einer „Bleifreien Fertigungslinie zur Erreichung des Ziels umweltfreundlicher Elektronikproduktion“. Folglich wurden die Aktivitäten in dieser Richtung vertieft und ein LEADFREE Geschäftsplan entwickelt.

Aus dieser Kommerzialisierung heraus können das Trainingsprogramm und seine Umsetzung rasch mit den Industrieforderungen kundennah wachsen, genährt durch die Marketing-Aktivitäten im Verbund der Ausbildungsanbieter.

## **6 Ausblick: - Ein neues Business-Netzwerk für Technologietraining**

Im globalen Wettbewerb heute bauen die Spitzentechnologie-Regionen auf dem innovativen Einsatz starker und dynamischer Wissenspools. ISIT und IZET haben im Projekt LEADFREE ein Kompetenzzentrum für Training in der Baugruppenfertigung errichtet, und haben Ausbildungs-Richtlinien für manuelle und automatische Fertigung geschrieben. Das liefert einen signifikanten Wettbewerbsvorteil für die europäische Elektronik-Fertigungs-Industrie, durch das Angebot der Ausbildung in moderner Prozesstechnologie zu ökonomischen und sozialen Vorteilen zu kommen:

- Training
- Innovation und Wissenstransfer
- Schnellere Entwicklung neuer Produkte, Prozesse und Dienstleistungen durch bessere Verständigung
- Bessere Wettbewerbsfähigkeit der Firmen durch Einführung von Neuerungen
- Erhöhtes Angebot technisch/wissenschaftlich gebildeter Mitarbeiter

LEADFREE gibt Mitarbeitern in den Firmen und Arbeitskräften ohne Anstellung eine (zweite) Gelegenheit des Einstiegs in qualifizierte Positionen. Höher qualifizierte Mitarbeiter zahlen sich für die Firmen in den Prozessen mit höheren Ansprüchen besser aus, wenn die Qualität von Mitarbeiter und Technologie übereinstimmt. Das ermöglicht eine bessere Ressourcenplanung und vermindert die Kosten für Personal und Produktion durch optimierten Einsatz und Zusammenspiel der Fertigkeiten der Mitarbeiter und der Fähigkeiten der Prozesse.

LEADFREE Training bietet die Gelegenheit für lebenslanges Lernen in zukunftsorientierten Technologien, und führt Generationen mit Arbeitsplätzen zusammen, an denen feine Handfertigkeiten und geistige Beweglichkeit ohne Altersgrenzen benötigen.

Im Verlauf des LEADFREE Projektes, wurde die neue DVS Arbeitsgruppe AG V 6.3 "Ausbildung Weichlöten in der Elektronikfertigung" gebildet. Nachdem jeweils ein Pilotkurs zum Handlöt-Training und zur Lötfaehausbildung erfolgreich stattfanden, wurden die ersten Richtlinien zum Programm durch die Arbeitsgruppe Schulung und Prüfung verabschiedet, um sie im Mai 2009 zu publizieren.

Die folgenden fünf Firmen und ein Institut haben sich entschlossen, das neue Trainingsprogramm für die Elektronikindustrie anzubieten:

- (1) ERSA, Wertheim
- (2) Hannusch, Laichingen
- (3) Rafi, Ravensburg
- (4) Trainalytics, Lippstadt
- (4a) Trainalytics, Itzehoe / together with ISIT
- (5) Zollner, Zandt
- (6) ZVE, Oberpfaffenhofen

Die Landkarte zeigt die Standorte der Einrichtungen in Deutschland in der vorstehenden Nummerierung.



## 7 Anhang

Kurse durchgeführt in 2008:

- 27.-29. January 2008, Electronic/EP, Stockholm: European Electronic Summit
- 12. February 2008 Product design: Design for Excellence Seminar for environment- friendly development, layout and technology / German language
- 13. February 2008 Assembly production with focus soldering process Lead-free seminar together with FED (Fachverband Elektronik- Design) / English language on demand
- 26.-29. February 2008 Lead-free solder process in the electronic manufacturing industry Seminar in theory and praxis / German language
- 11.-13. March 2008 Lead-free hand-soldering Praxis-orientated training / German language
- 11. - 13. March 2008 SMT- rework-practical training Praxis- orientated training - lead- free / German language
- 07. - 11. April 2008 Soldering process II - praxis orientated training "LEADFREE specialist" at the ISIT-LEADFREE training line / German language

- 18. - 19. June 2008 Tutorial and Training "Reliable Soldering for Power Electronics Manufacturing" Basics in theory and hands-on experience; a Joint programme with ECPE / English language
- 7. – 18. July 2008 LEADFREE STEW Solder Training and Exhibition Weeks in Timisoara, Romania in co operation with the Timisoara Chamber of Commerce and Agriculture and the Universitatea Politehnica din Timisoara, Faculty of Electronics and Telecommunication; this event was run over two weeks. The first week provided theory seminars, namely two days focusing on development, one day exhibition, followed by two days with focus on assembly. The second week was a five day assembly practice session.
  - 7.-8.07.08: Design Optimisation - DfX, Verification, Pad Shapes, Lead- Free, Materials
  - 9.07.08: Life LEADFREE Training Line: Equipment & Materials Exhibition
  - 10.-11.07.08: PCB Assembly - Holistic View on Materials, Process and Solder Joint Quality
  - 14.-18.07.08: Assembly Specialist II - Complex Practice Training on Industry Scale Equipment
- 25. - 27. September 2008, 16. FED- Konferenz, Bamberg: Elektronik- Design - Leiterplatten – Baugruppen: „Neue Fachkräfte braucht das Land – Weichlöten in der Elektronikfertigung“
- 7. - 10. October 2008 Lead free solder process in the electronic manufacturing industry Seminar in theory and praxis / German language
- 22.-24. October 2008 European Electronics Assembly Reliability Summit Tallin, Estonia
- 4. - 6. November 2008 SMT- Rework workshop Seminar in theory and praxis / German language
- 3. - 7. November 2008 Lead- free hand- soldering Praxis orientated training / German language
- 17.-18. November 2008 Technology World 2008 exhibition: "Technology Breakthroughs – Bending the Design Rules"
- 24. - 28. November 2008 Soldering process II – praxis orientated training "Leadfree Specialist" at the ISIT- LEADFREE trainings line / German language
- 2. December 2008 Product design: Design for Excellence Seminar for environment- friendly development, layout and technology / German language
- 3. December 2008 Assembly production with focus soldering process Lead- free seminar together with FED (Fachverband Elektronik- Design) / German language
- 8. - 12. December 2008 Soldering process III – praxis orientated training "LEADFREE specialist" at the ISIT- LEADFREE training line / German language