Prozessoptimierung beim Reflowlöten

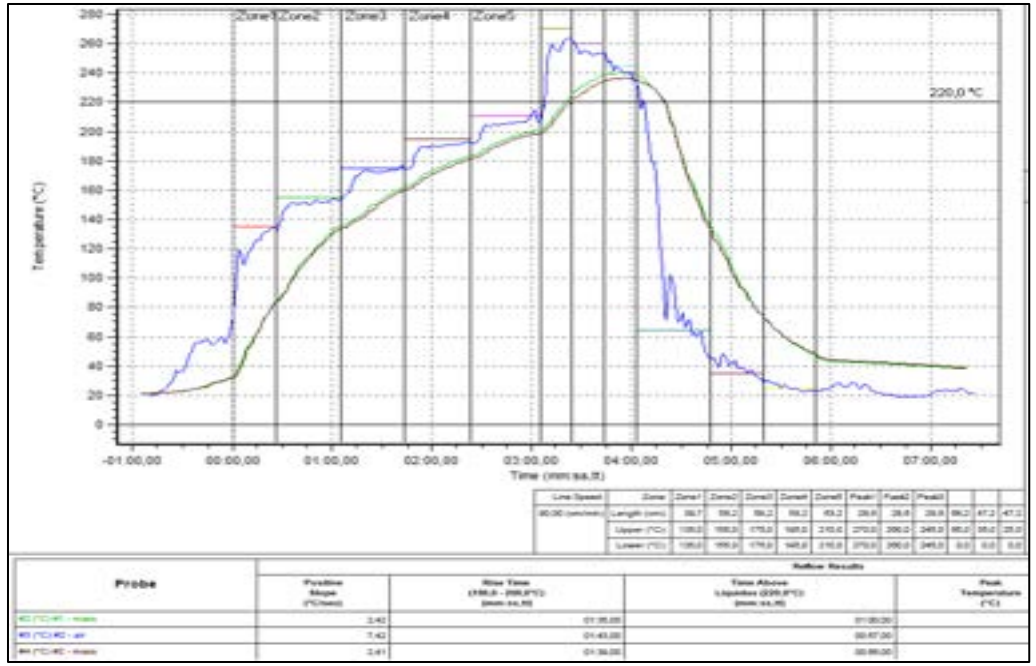
Energiesparpotenzial ausschöpfen &
Produktivität steigern

22.05.2025

Ansatzpunkte für höhere Produktivität im Reflowofen

- **ENERGIE** sparen
  - → Isolierung verbessern
  - → Wärmeübertragung (Alpha) optimieren und nutzen

- **MASCHINENVERFÜGBARKEIT** erhöhen:
  - → Umstellzeit minimieren
  - → kurze und weniger Wartung



Einsparpotential

Isolierung

- -1kWh

Profilwechsel

- 10-20 min bei Standardprofilen

Wärmeübertragung

- -2 kWh
- 6Hz / 20% less fan energy

Niedrigere Temperaturen

- ca. -2 kWh

Einsparpotential

ENERGIE

Reflowöfen haben je nach Alter einen Energieverbrauch von 12-20kWh (Heizkammerlänge ca. 3,5m)

- Potenzielle Einsparungen: bis zu **5kWh** (25-40%)
  - 2-schicht Fertigung → ca. 5.000 CHF pro Jahr pro Ofen
  - 3-schicht Fertigung → ca. 7.000 CHF pro Jahr pro Ofen
- Bei Vergleich Tausch alt gegen neu ist das Potenzial am größten (ca. 12.000 CHF pro Jahr pro Ofen)

MASCHINENVERFÜGBARKEIT

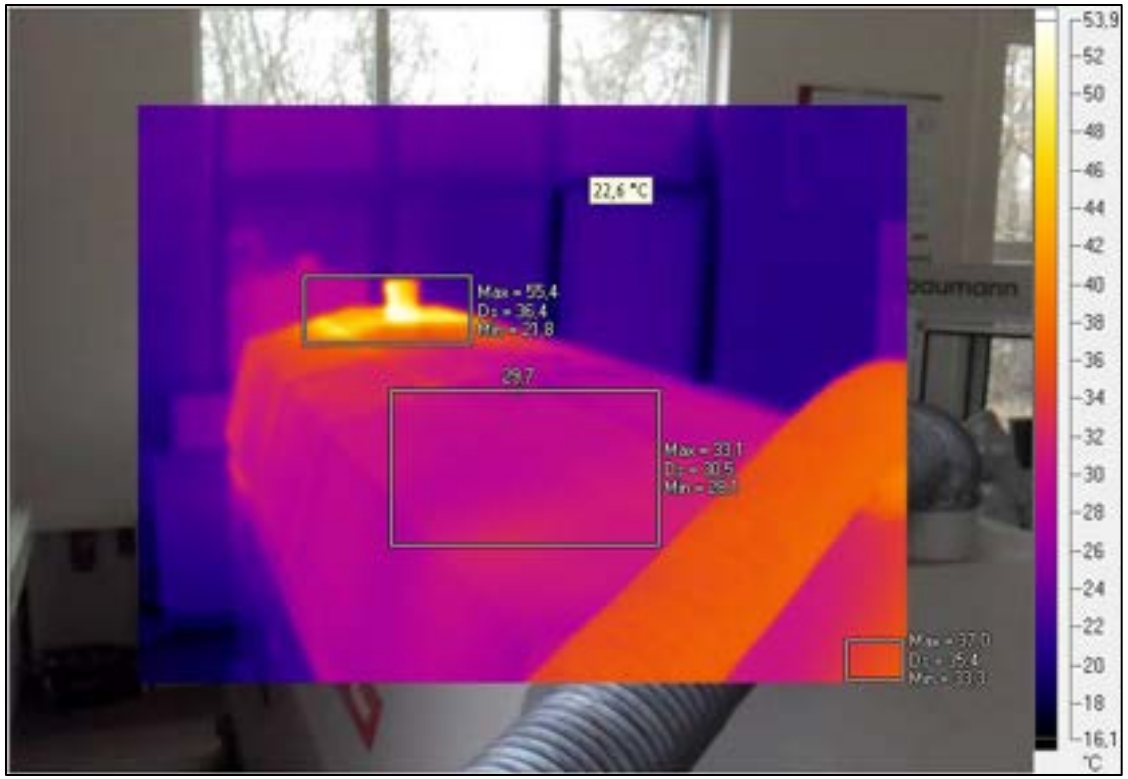
- Potenzielle Einsparung im Mittel: 15 min pro Schicht
  - 2-schicht Fertigung → ca. 25.000 CHF pro Jahr pro Ofen
  - 3-schicht Fertigung → ca. 37.500 CHF pro Jahr pro Ofen

Je höher die Kompromissbereitschaft bei der Profilierung, umso höher die Einsparmöglichkeit

Isolierung

- Eine gute Isolierung reduziert:
  1. den Wärmeverlust in den Raum
  2. Heizenergie für den Betrieb der Anlage

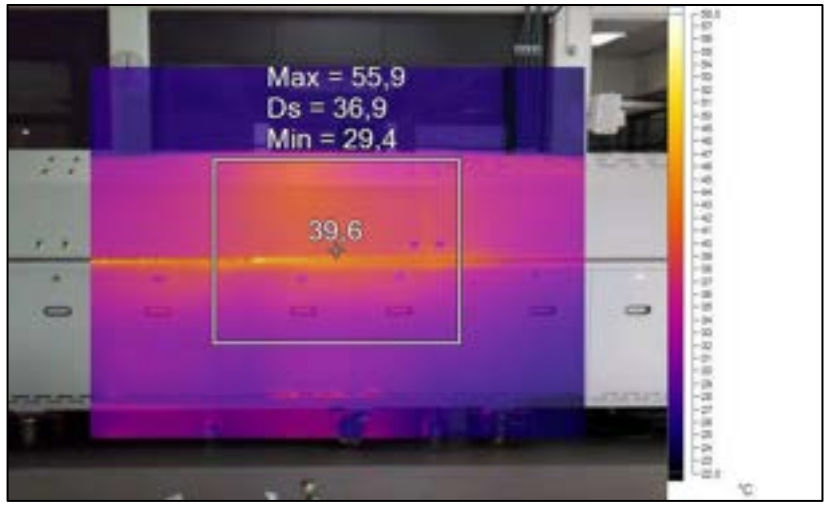
- Eine gutes Maß an Isolierung ist wichtig, da bei zu starker Isolierung die Temperatursprünge zwischen den Zonen nicht mehr erreicht werden können



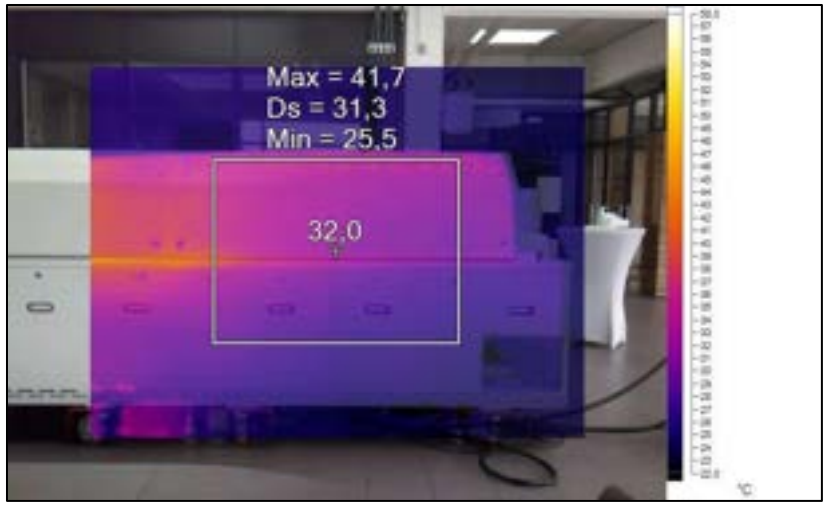
Isolierung moderner Öfen

Oberflächentemperatur - Eingestellte Temperatur in Peak 1 - 300°C, bei 25,7 °C Raumtemperatur

Vorheizung



Peak



Kühlzone

Im Mittel 10-15°C über Raumtemperatur

Line Speed:	Zone:	Zone1	Zone2	Zone3	Zone4	Zone5	Peak1	Peak2	Peak3			
100,00 (cm/min)	Length (cm):	39,7	58,2	58,2	58,2	63,2	28,6	28,6	28,6	68,2	47,2	47,2
	Upper (°C):	150,0	175,0	210,0	205,0	240,0	300,0	255,0	265,0	50,0	35,0	30,0
	Lower (°C):	150,0	175,0	210,0	205,0	240,0	300,0	255,0	265,0	0,0	0,0	0,0

Wärmeübertragung

Effiziente Wärmeübertragung	Profil Temperatur	Produkt	Prozess Zeit

$$\left(\frac{Q}{\mathrm{J}}\right) = \left(\frac{\alpha}{\mathrm{W/(m^2 \cdot K)}}\right) \cdot \left(\frac{T1 - T2}{\mathrm{K}}\right) \cdot \left(\frac{\mathrm{A}}{\mathrm{m^2}}\right) \cdot \left(\frac{\Delta t}{\mathrm{s}}\right)$$

Wärme = Wärmeübertragungskoeffizient * Temperaturdifferenz * Kontaktfläche * Zeitintervall

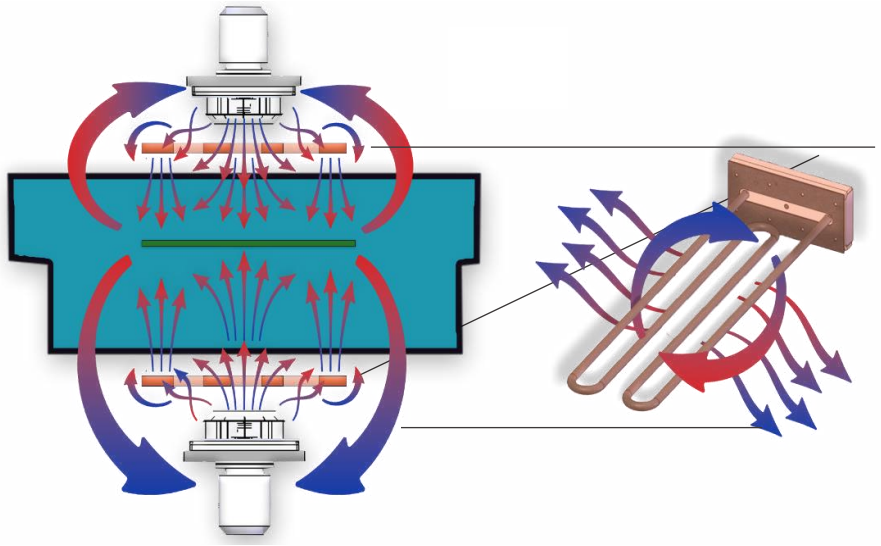
Beeinflussbar

i.d.R. fix vorgegeben

Wärmeübertragung

- Zwangskonvektion über die Luftführung
  - effizienteste Methode, da direkte Wärmeübertragung über die Bewegung von Teilchen
  - Bessere Temperaturverteilung über die gesamte Fläche
  - Kontrollierte Steuerung möglich

- Strahlung über den aufgeheizten Raum
  - funktioniert über die Übertragung von elektromagnetischen Wellen
  - Erhitzt mehr Oberflächen und wird oft nur langsam absorbiert
  - Träger Prozess



Je höher der Konvektionsanteil, je effizienter die Wärmeübertragung

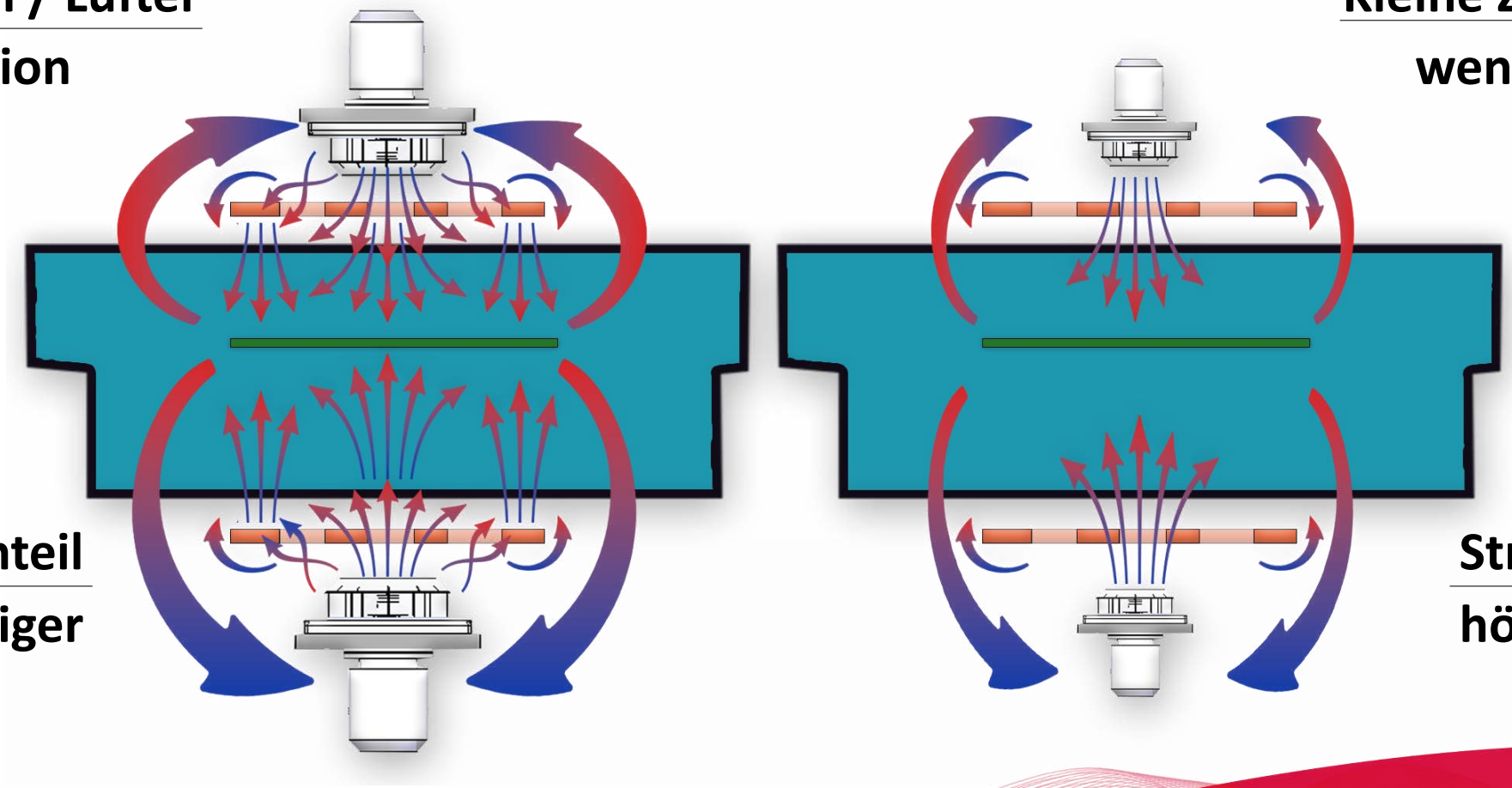
Wärmeübertragung

Große Zonen / Lüfter

viel Konvektion

Kleine Zonen / Lüfter

wenig Konvektion



Strahlungsanteil

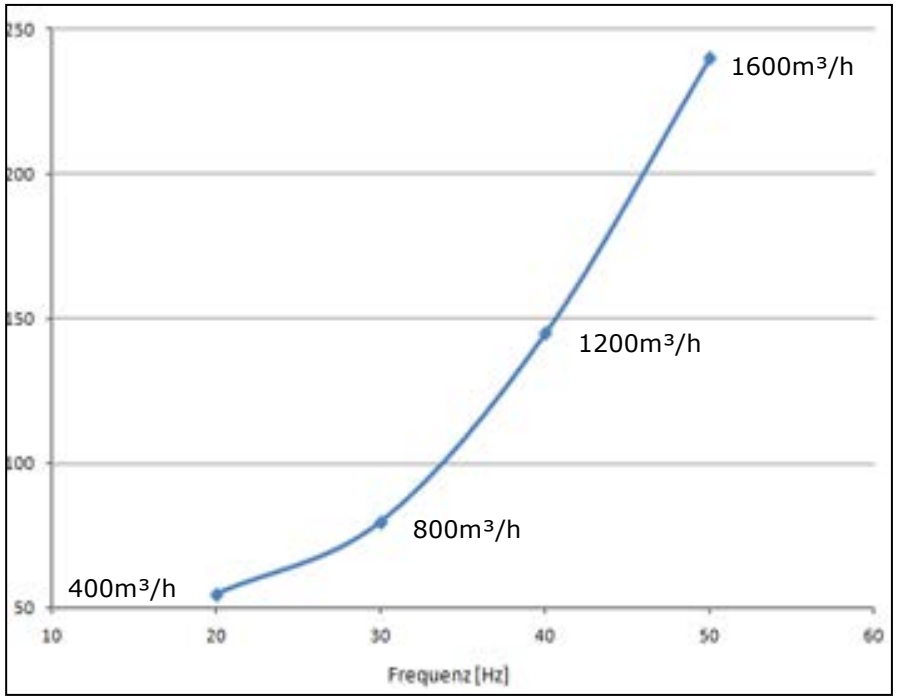
niedriger

Strahlungsanteil

höher

Steuerung der Konvektion

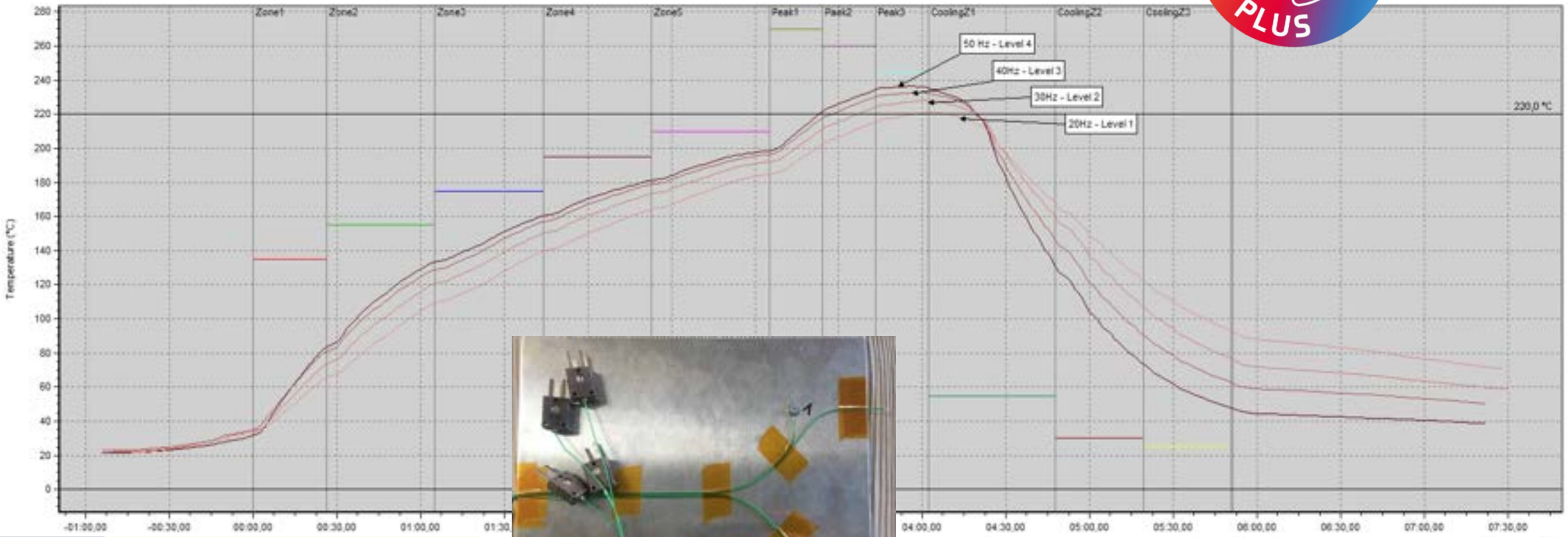
- Durch ein großes Prozessfenster bei der Konvektion, kann die Lüftergeschwindigkeit als Parameter aktiv verwendet werden
- Die Wärmeübertragungskoeffizient alpha wird so ein aktiver Parameter wie die Temperatureinstellung
  → ca. 15K Temperaturunterschiede sind regelbar auf Produktebene
  Das sind in etwa 30K Einstelltemperatur (Ofensetting)



Energy Saving potential			
Lvl 4	1600 m³/h	240 W	
Lvl 3	1200 m³/h	140 W	**- 40%**
Lvl 2	800 m³/h	80 W	**-65%**
Lvl 1	400 m³/h	60 W	**-75%**

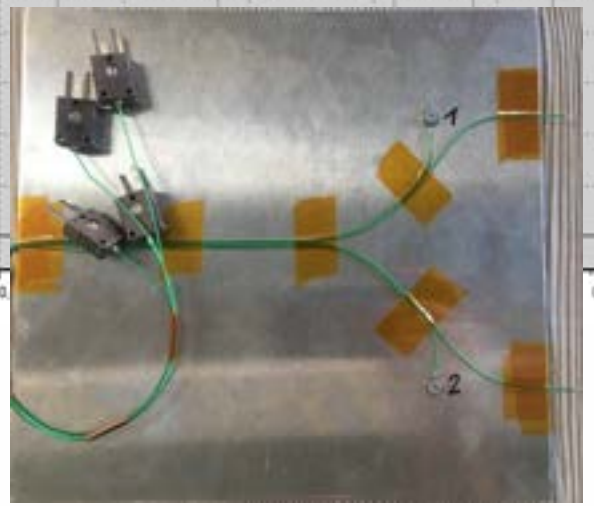
Profiling Plus

Winner of the productronica innovation award 2021



Peak Temperature (°C)		
	#4 (°C) #2 - mass	236,3
	#4 (°C) Ov 1 #2 - mass	232,8
	#4 (°C) Ov 2 #2 - mass	228,1
	#4 (°C) Ov 3 #2 - mass	221,1

Vergleich Lüfterstufen 1-4

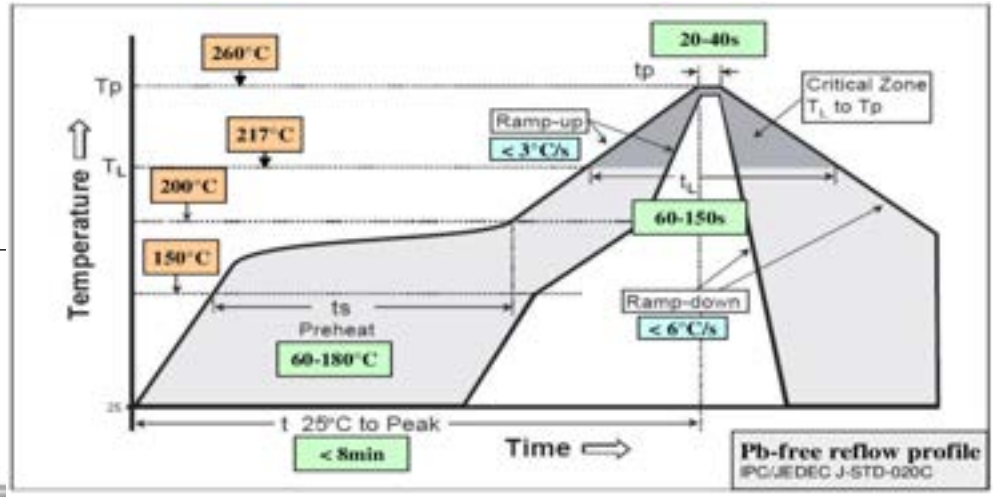


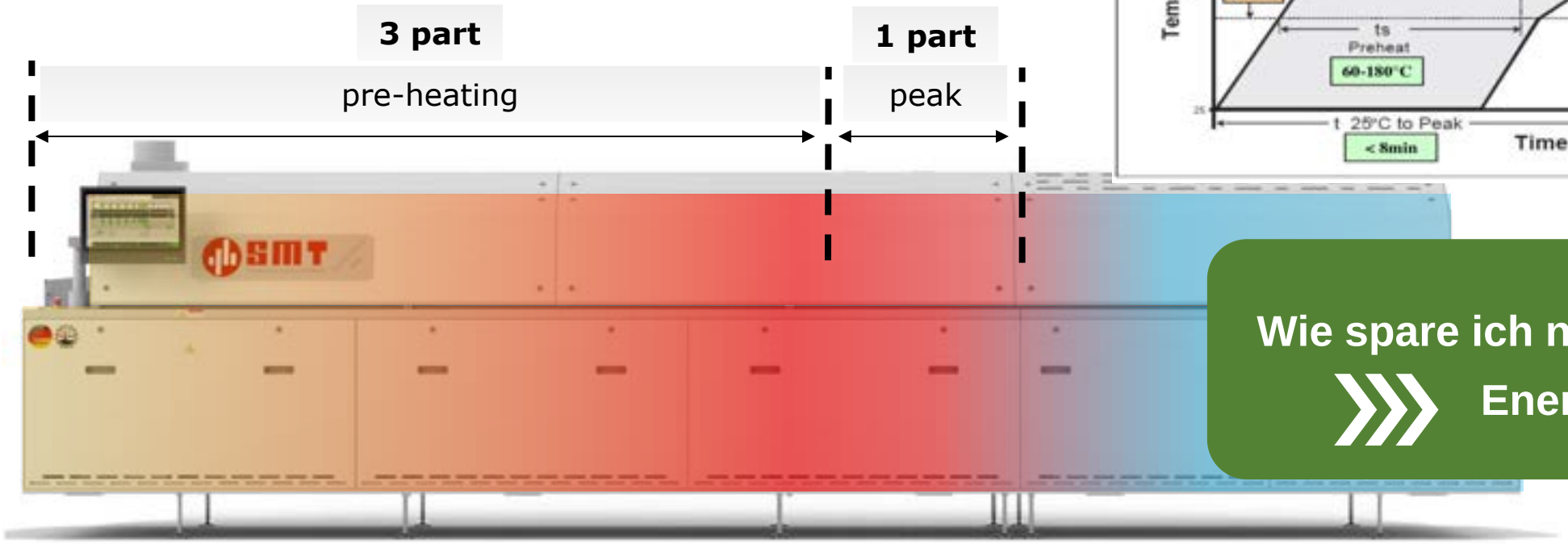
Aluplatte 220mm x 235mm x 2mm (275g)

Zone:	Zone1	Zone2	Zone3	Zone4	Zone5	Peak1	Peak2	Peak3	CoolingZ1	CoolingZ2	CoolingZ3
Length (cm):	39,7	58,2	58,2	58,2	63,2	28,6	28,6	28,6	68,2	47,2	47,2
Upper (°C):	135,0	155,0	175,0	195,0	210,0	270,0	260,0	245,0	55,0	30,0	25,0
Lower (°C):	135,0	155,0	175,0	195,0	210,0	270,0	260,0	245,0	0,0	0,0	0,0

Temperatur-Einstellungen

Steuerung der Konvektion





Wie spare ich nun Zeit und Energie ein ???

Hilfreich für eine optimale Verwendung der Konvektionssteuerung ist ein 3 zu 1 Verhältnis von Peak zu Vorheizung

- 3 Minuten aufheizen und 1 Minute im Liquidus (60 sec) wie es eine Paste in der Regel vorschreibt
- Man befindet sich so automatisch in der Mitte des Prozessfensters und ist so flexibler bei der Ausreizung
- Beeinflussen der Aufheiz-/Abkühlgeschwindigkeit durch Anpassung der Wärmeübertragung ändert aber nicht die Charakteristik der Profilkurve

Ein Temperaturprofil wird meist durch 2 Prozessparameter definiert:

1. Temperatureinstellungen in den verschiedenen Zonen
2. Transportsgeschwindigkeit

Jetz nutzen wir einen dritten Prozessparameter:

3. Luftstrom, gesteuert durch die Lüfterdrehzahl!

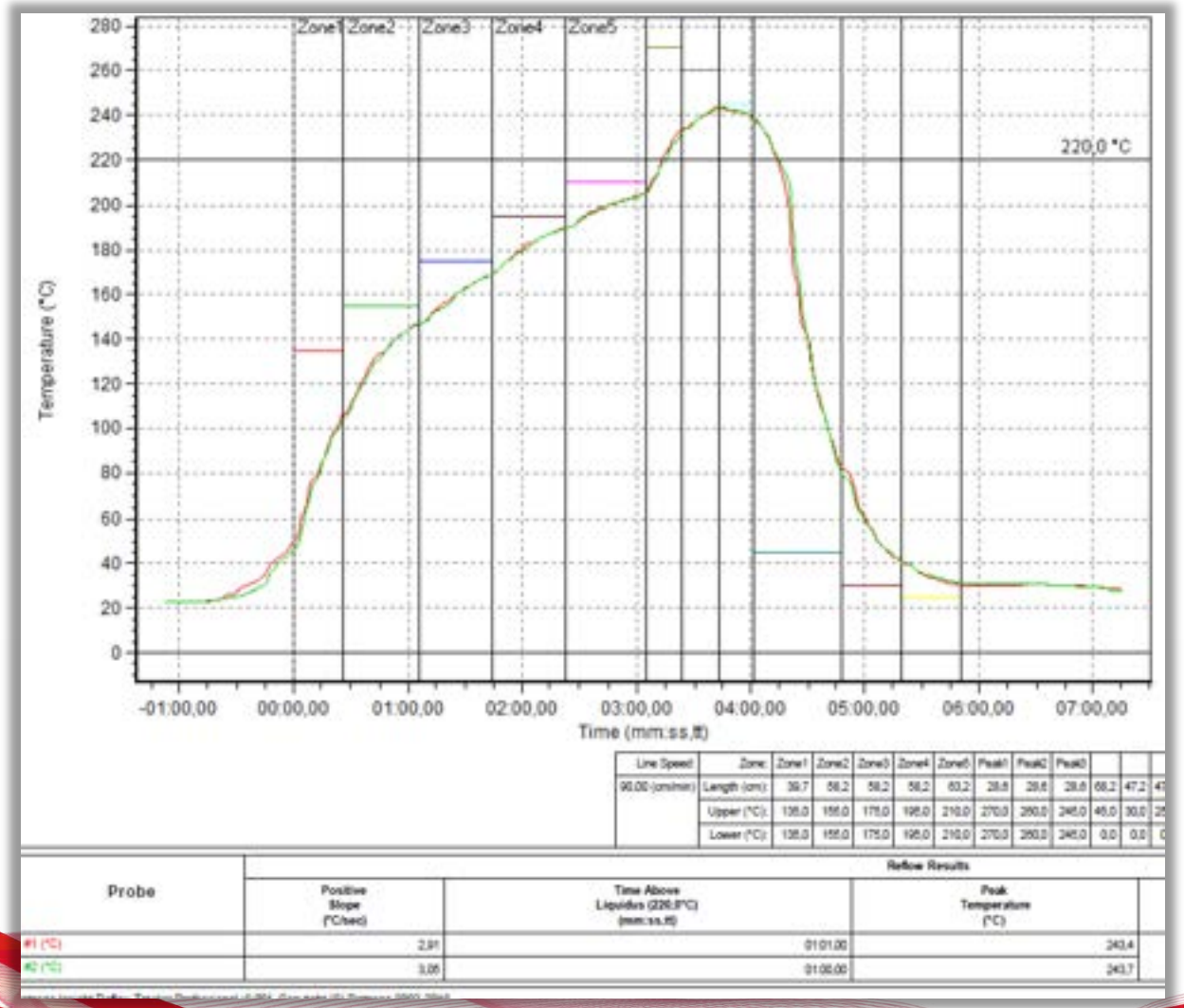
Anwendung für:

1. Schneller Profilwechsel → höhere Maschinenverfügbarkeit
2. Energiesparprofil→ weniger Verbrauch

Beispiel 1

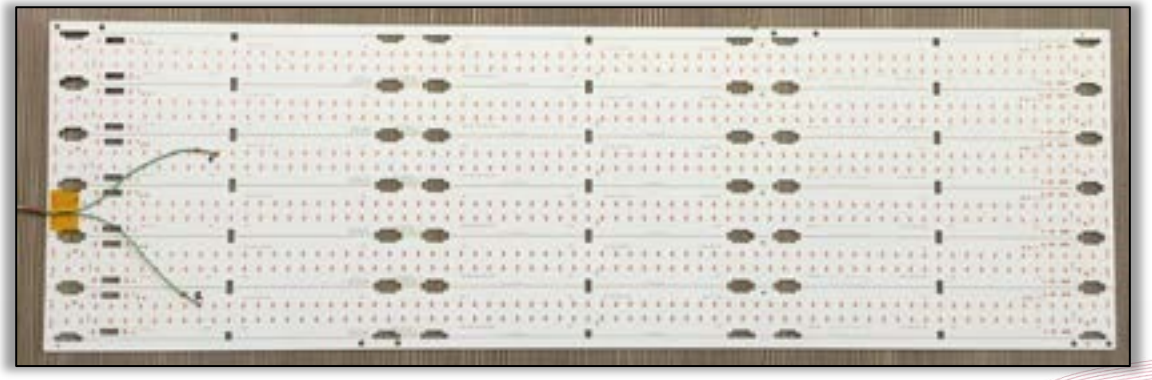
- LED-Produkt
- Schweres Board mit Metallkern
- Fan level 4 (max. speed)
- Peak Temperatur der PCB: 246,9 °C

Beispiel 2



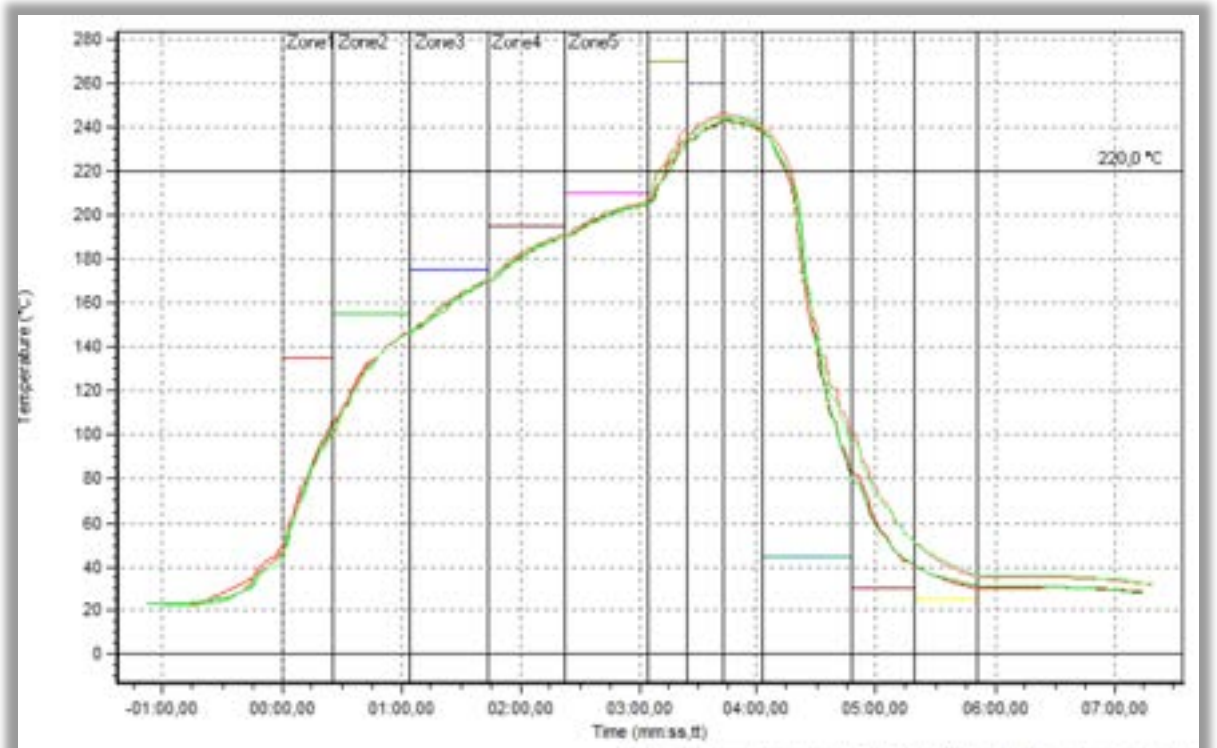
- LED-Produkt
- Dünnes und leichtes Produkt
- Fan level 2 in allen Heizzonen
- Peak temperature at PCB: 243,7 °C

  (Gleiche Temperatureinstellungen wie in Beispiel 1)



Mit Reduzierung der Temperatur um 20K käme man auf das gleiche Profil

Vergleich beider Messungen



Probe	Reflow Results: Positive Slope (°C/sec)	Time Above Liquidus (220,0°C) (mm:ss,tt)	Peak Temperature (°C)
[illegible]	2,91	01:01,00	243,4
[illegible]	3,05	01:00,00	243,7
[illegible]	2,59	01:07,00	246,9
[illegible]	2,84	01:03,00	245,0

- Typische Umrüstzeit: ~15 min.

Zeit der Temperaturumstellung mit Lüftersteuerung = 0 !

Priorität zur Änderung der Parameter für die Profilerstellung

1. Lüfterstufe → +/-1 Level (ca. 25%)
   + Maschinenverfügbarkeit
   + Energieverbrauch

2. Transportgeschwindigkeit→ +/- 0,1m/min
   - Kann die Zykluszeit beeinflussen
   - Kann Gradienten beeinflussen
   - Kann die Liquiduszeit beeinflussen
   - Kann den Charakter des Profils ändern

3. Temperaturumstellung→ +/- 10K
   - Wartezeit

Genannte Parameter verändern die Temperatur der Lötstelle typischerweise um

3-5°C

Beispielrechnung für höhere Maschinenverfügbarkeit

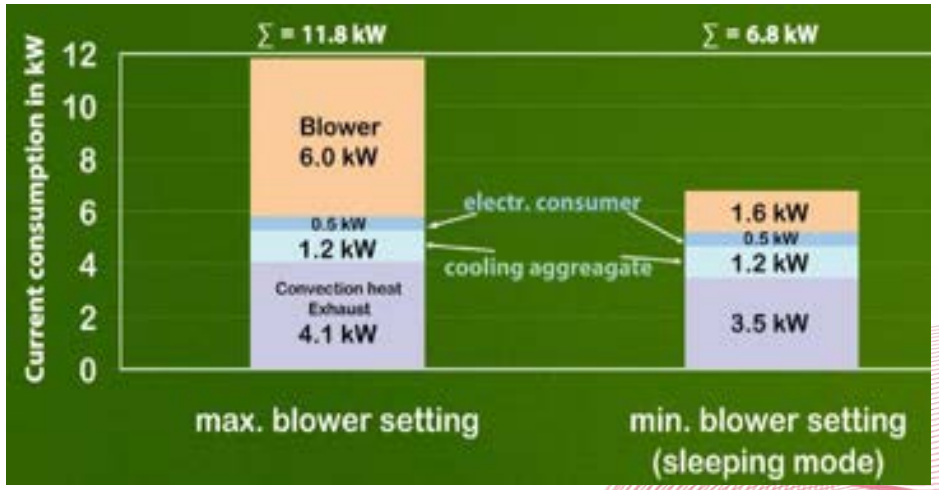
Calcuation of savings for a higher machine availability					
pre-condition --> machine is the bottle neck in the scenario (this is 100% the case if you work with a Barcode profile change)					
Change per day	3				
Shifts per day	3				
working days a month	25	Tage			
Line cost per hour	200	€/h			
One Profile change with temperature change	15	min	(in average)		
One Profile change with PROFILING PLUS	0	min	(in average)		
SAVINGS a day	40,5	min	-->	202,5	h/Jahr
Bottle neck efficiency	90%				
Savings a year	**40.500**	€/a			

- **Keine Wartezeiten beim Wechsel von Temperaturprofilen**
- **Erhöhung der Maschinenverfügbarkeit**
- **Maximierter Durchsatz**

Beispielrechnung für Energiesparprofil

Calcuation of energy saving profile			
Machine specification energy consumpiton	10,5	kWh	
Fan speed part	50%		
Fan speed part	5,25	kWh	
Fan Speed Level 4 - 100%	10,50	kWh	
Fan Speed Level 3 - 75%	9,71	kWh	
Fan Speed Level 2 - 50%	8,40	kWh	
Fan Speed Level 1 - 25%	7,09	kWh	
	401	g/kWh	
Saving from 4 to 3	0,79	kWh	*7,5%*
Saving from 4 to 2	2,10	kWh	*20,0%*
Saving from 4 to 1	3,41	kWh	*32,5%*
Less CO2 footprint 4 to 3	2,27	t/year	
Less CO2 footprint 4 to 2	6,06	t/year	
Less CO2 footprint 4 to 1	9,85	t/year	

- **Reduzieren Sie Ihren CO2-Fußabdruck**
- **Sparen Sie Energy**



Beispiel für R460

THANK YOU

SMT Thermal Discoveries

Roter Sand 5-7
97877 Wertheim - Germany
t: +49 (0)9342 970 0

info@smt-wertheim.de I www.smt-wertheim.com