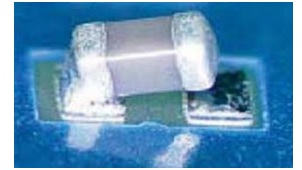


Der Grabsteineffekt

Dieser Effekt wird vor allem bei kleinen und leichten 2-poligen SMD-Bauteilen beobachtet:

- **0201,0402,0603 und 0805** Widerständen und Kondensatoren
- Die Bauteile können sich in einem Winkel zwischen 0° und 90° aufrichten



Die Ursachen des Grabsteins liegen in:

1. Ungleichmäßigem Layout
2. Unangepasster Schablonenöffnung
3. Schlechter Platzierung
4. Schlechter Oberflächenqualität

Allgemein gilt folgendes:

Je besser (sauerstoffärmer) das Lötverfahren, umso geringer ist die Grenzflächenspannung.

Hohe Grenzflächenspannungen führen bei ungleichmäßigen Massen zum Aufstellen der 2-poligen Bauteile.

Grabsteine in Dampfphasenlötssystemen

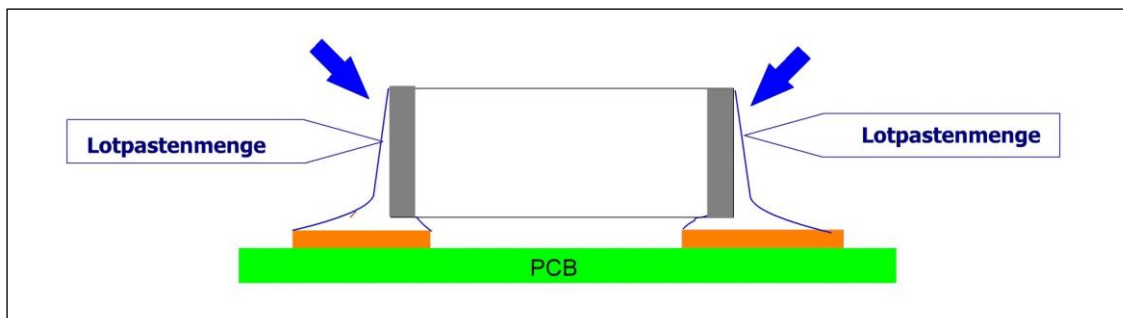
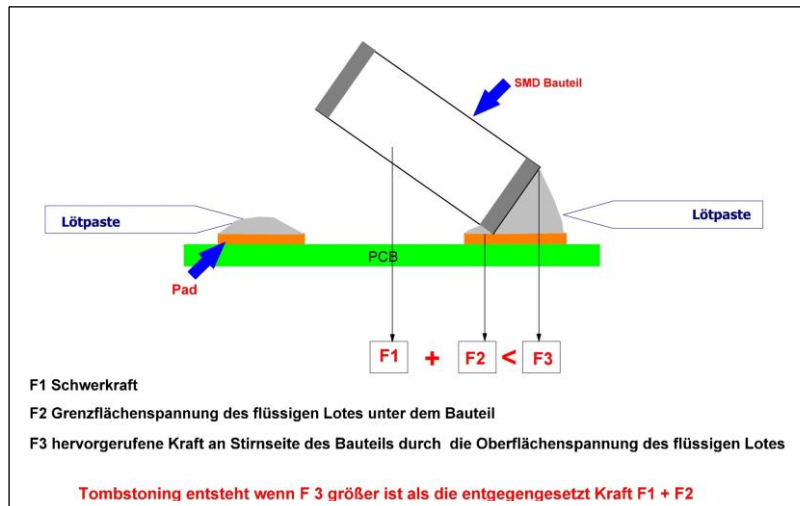
die sauerstofffreie Dampfdecke verhindert die erneute Oxidation von Oberflächen während des Reflowprozesses

- Dies impliziert eine deutlich geringere Oxidation der metallischen Oberflächen beim Transit in die Reflowphase im Vergleich zu Reflowprozessen unter normalen Prozessumgebungsbedingungen.
- Dadurch werden die sauberen Oberflächen leichter benetzt.
- Die schnelle, anfängliche Benetzung bietet keine Zeit die ΔT s zu reduzieren.
- Die zusätzliche Verzögerung bei der anfänglichen Benetzung zur Reduzierung der ΔT s ist genau das, was benötigt wird, um Grabsteine zu minimieren.
- Daher müssen, zusätzlich zu den offensichtlichen Vorteilen des Dampfphasenlötens, zusätzliche Vorkehrungen getroffen werden um die Grabsteine zu minimieren.

Grabsteine in Dampfphasenlötssystemen

1. Die zwei Hauptfaktoren für Grabsteine sind:
2. die Oberfläche der Platine und Komponenten (z.B. Löt-, Oxidations- und physikalische Schäden der Beschichtung)
3. die Temperatur (Δt) und Wärmeabfuhr.

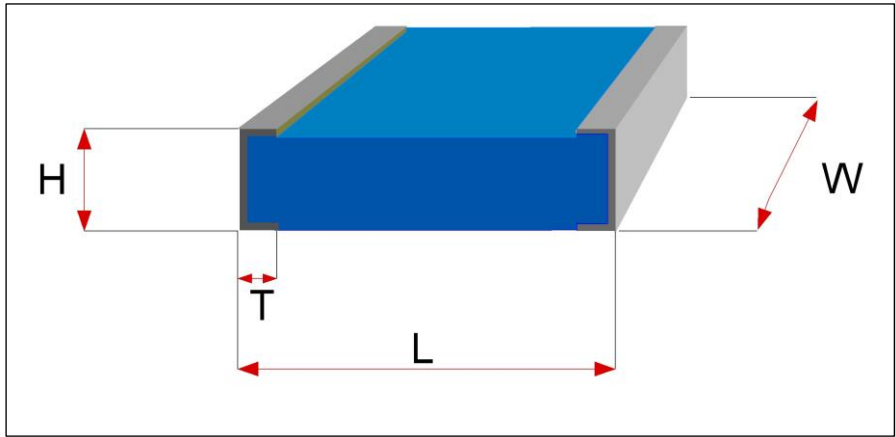
Oberflächenbezogene Ursachen	Temperaturbezogene Ursachen	
Pads	Anschlussflächen	Lotpastenmenge
Toleranz der Abmessungen		
Kontamination oder mechanische Beschädigung bestimmter Pads oder Anschlussflächen	Wärmeabfuhr durch Vias und Innenlagen	
Komponentenplatzierung		
Platzierungskraft		
Bauteilverschiebung		
Reflow- und Dampfphasenanlage		
(Δt) zu hoch, Schwankungen des Wärmeflusses		
Lotpaste		
Thermische Stabilitätseigenschaften vom Flussmittel		
Legierungswahl		
Registrierungsprobleme		



Gleich kleine Lotpastenmenge auf beiden Seiten

Gleiche Lotpastenmenge + gleiche Padgröße/Padmasse + gleiche Temperatur = kein Grabstein

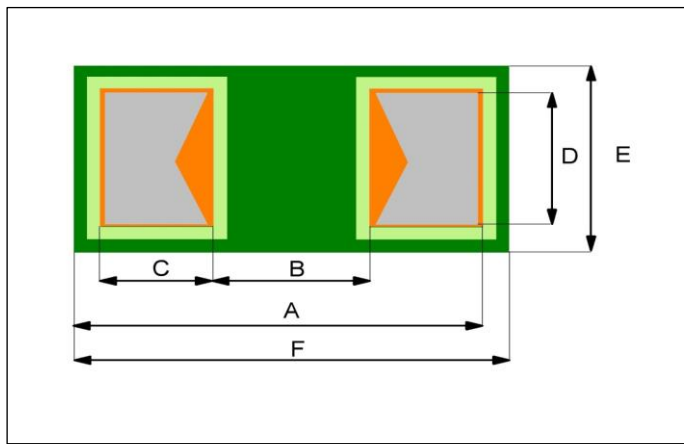
Die variierende thermische Masse der Bauteilanschlussflächen beeinflusst den Aufheizgradienten und die Reflowzeit



		Bauteilabmessungen (mm)									
		L			W			H		T	
Type	Spec	Tol -	Tol +	Spec	Tol -	Tol +	Min	Max	Min	Max	
0201	0.60	0.03	0.03	0.30	0.03	0.03	0.30				
0402	1.00	0.02	0.10	0.50	0.02	0.10	0.30	0.40	0.15	0.30	
0603	1.60	0.10	0.10	0.80	0.05	0.15	0.35	0.55	0.10	0.50	
0805	2.00	0.15	0.15	1.25	1.15	1.15	0.50	1.70	0.20	0.60	
1206	3.80	2.00	0.90	1.80	2.25	4.05	0.50	1.70	0.25	0.75	

Empfohlenen Abmaße in mm

Je größer die Padgeometrie und der Bereich des schmelzflüssigen Lotes ist, umso stärker wird der Effekt der Oberflächenspannung



Empfohlenen Abmaße in mm							
Type	A	B	C	D	E	F	Tolerance
0201	0.75	0.23	0.26	0.31			+/- 0.15
0402	1.50	0.50	0.50	0.60	1.00	1.90	+/- 0.15
0603	2.10	0.90	0.60	0.90	1.45	0.35	+/- 0.15
0805	2.60	1.20	0.70	1.30	1.90	2.85	+/- 0.25
1206	3.80	2.00	0.90	1.80	2.25	4.05	+/- 0.25

Einfluss der Lotpastenlegierung auf die Grabsteinbildung

Lotpastenlösung SnAgCu bleifrei

Die Beseitigung der Grabsteine oder zumindest eine erhebliche Minimierung, kann zum Teil durch das richtige Lotpastenrezept erreicht werden.

- bereitstellt und aufrechterhält.
- eine Paste mit Metallpartikeln mit 2 verschiedenen eutektischen Punkten: 50% schmilzt bei 217 °C (Sn95,5Ag3,8Cu0,7) und der Rest bei 221 °C. (Sn96Ag4).
- der Grabsteineffekt, der durch die Kraft einer schnelleren ersten Benetzung in einem Gelenk entsteht, wird mechanisch durch die festen Teilchen der Legierung, die bei 221 °C schmelzen, behindert.
Das liefert der Legierung, die bei 217 °C auf dem anderen Pad schmilzt, den Bruchteil einer Sekunde mehr Zeit um auch aufzuschmelzen und ein Kräftegleichgewicht **herzustellen**.

Lotpastenlösung SnPb bleihaltig

- Verwendung von Lotpaste mit einem thermisch stabilen Flussmittelsystem, das Klebrigkeit bereitstellt und aufrechterhält.

eine Paste mit Metallpartikeln **mit 2 verschiedenen eutektischen** Punkten: 50% schmilzt bei 179 °C (Sn62,5Pb36,5Ag1,0) und der Rest bei 183 °C.

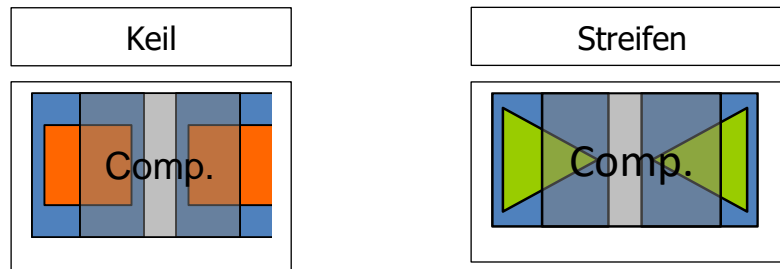
- der Grabsteineffekt, der durch die Kraft einer schnelleren ersten Benetzung in einem Gelenk entsteht, wird mechanisch durch die festen Teilchen der Legierung, die bei **183** °C schmelzen, behindert.
Das liefert der Legierung, die bei **179** °C auf dem anderen Pad schmilzt, den Bruchteil einer Sekunde mehr Zeit um auch aufzuschmelzen und ein Kräftegleichgewicht herzustellen.

Reduzierung des Grabsteineffekts

Pads können nicht immer verändert werden!

Was kann man noch tun um den Grabsteineffekt zu reduzieren?

1. Z.B. Reduktion der Pastenmenge durch Reduzierung der Schablonendicke.
Eine Reduktion der Schablonenöffnung um z.B. 10%.
2. Hilfreicher sind Modifikationen der Schablonenöffnung in Keil- oder Streifenöffnungen.



3. Wichtig ist: Die Pastenmenge muss reduziert, das Bauteil aber in die Paste abgesetzt werden.
4. Akkurates platzieren der Bauteile ist unumgänglich.
5. Reflowprofile dem Layout anpassen
6. Steuern Sie das O₂-Verhältnis in N₂-Systemen (bevorzugtes Niveau: 500 ppm)
7. Nicht eutektische Lote (ATS) wie Sn62,5Pb36,5Ag1,0 verwenden. Schmelzbereiche vermindern den Grabsteineffekt.

Falsch dimensionierte Schablone

Leiterplatten mit zu großem Lotpastenangebot und ungenauem Lotpastendruck führen unweigerlich zu einem Grabstein

Reduzierung der Schablonenöffnung

Durch eine Reduktion der Schablonenöffnung mit minus 40% wird es möglich sein, dass die Grabsteinrate auf ca. 90-- 95% absinken wird.

Wenn Sie die Schablonenöffnungsgröße um weitere 10 % mehr reduzieren, werden die Pads jetzt zu 50 % mit Lötpaste abgedeckt, da die Blendenöffnungen 50 % kleiner sind als das ursprüngliche Design der Schablone.

Es wird keine Tombstoning mehr erstellt und die vertikale Benetzung wird immer noch nach IPC-Norm sein (Mindestempfohlene vertikale Benetzung nach dem IPC ist 30%).)