Designrules
für drahtgeschriebene Layouts

	Drahtgeometrien			Leiterbreiten - und Abstände											
Drahtart	Durchmesser [µm]	Drahthöhe [µm]	Drahtbreite [µm]	LB Leiterbreite über Draht [mm]	LA Leiterabstand über Draht [mm]	B mind. Breite Schweißpad getrenntes Potential [mm]	B_1 mind. Breite Schweißpad gleiches Potential [mm]	L mind. Länge Schweißpad [mm]	M mind. Drahtabstand getrenntes Potential [mm]	M_1 mind. Drahtabstand gleiches Potential [mm]	M_2 mind. Drahtabstand zur Cu-Pad-Kante [mm]	X Länge Schweißpunkt [mm]	Y Breite Schweißpunkt [mm]	S max. Abstand Schweißpunkte [mm]	A mind. Abstand Schweißpunkt zu Biegekante [mm]
Runddraht	100			0,6		1,0	1,0 * n	1,5		0,5	0,55	0,5	0,5	50	3
Runddraht	300			0,8	abhängig	1,7	1,7 * n	2,0	abhängig	0,7	0,65	0,7	0,7	50	3
Flachdraht		250	800	1,3	von Cu-Dicke	2,5	2,5 * n	3,0	von Cu-Dicke	1,2	0,9	0,8	0,55	100	3
Flachdraht		350	1400	1,9		3,0	3,0 * n	3,5		1,8	1,2	1,2	0,8	100	3

n = Anzahl Drähte

	Drahtgeometrien			Padgeometrien		Leiterbreiten - und Abstände							
Drahtart	D Drahtdurchmesser [µm]	Drahthöhe [µm]	Drahtbreite [µm]	L mind. Länge Schweißpad [mm]	B mind. Breite Schweißpad getrenntes Potential [mm]	LB mind. Leiterbreite über Draht [mm]	L_2 mind. Länge Schweißpad abgewinkelte Leiterbahn [mm]	B_2 mind. Breite Schweißpad abgewinkelte Leiterbahn [mm]	a mind. Abstand Schweißpunkt zum Padrand [mm]	C mind. Abstand Draht zu Draht abgewinkelt [mm]	K Mind. Abstand Schweißpad zu kontur [mm]	X Länge Schweißpunkt [mm]	Y Breite Schweißpunkt [mm]
Runddraht	100			1,5	1,0	0,7	1,5	1,0	0,5	0,8	0,8	0,5	0,5
Runddraht	300			2,0	1,7	0,9	2,0	1,7				0,7	0,7
Flachdraht		250	800	3,0	2,5	1,4	5,4	2,8	0,5	0,8	0,8	0,8	0,55
Flachdraht		350	1400	3,5	3,0	2,0	6,3	3,6				1,2	0,8

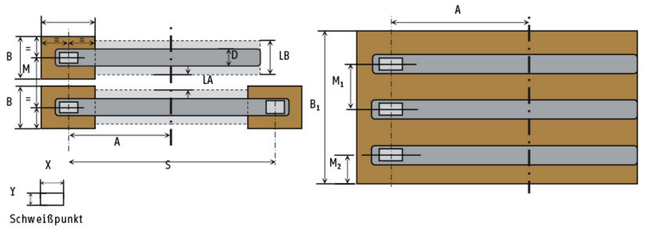
Allgemeine Hinweise für 3D-Anwendungen

- Die Cu-Drähte müssen quer (90°) zur Fräsnut angeordnet werden
- Für eine homogene Biegung muß zwingend eine geeignete Biegevorrichtung eingesetzt werden
- Biegeradius ≥ 0,1mm
- Im Einbauzustand ist darauf zu achten, dass die gebogenen Teile fixiert werden

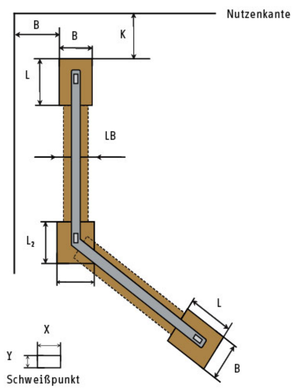
3D-Designrules
Wirelaid PCB mit Flex-Stopplack

Merkmal	Maß
mind. Abstand Anschweißpunkt zu Biegekante [A]	3,0mm
Stopplacküberdeckung flexibel / starr [a]	0,4mm
Fräskanalbreite [b]	1,0mm
Stopplack-Cu-Überdeckung [c]	
Stopplack-Freisparung Fräskanal [s]	
Reststegdicke [t]	Draht + Cu + Stopplack + 150µm
max. Biegewinkel [W]	90°

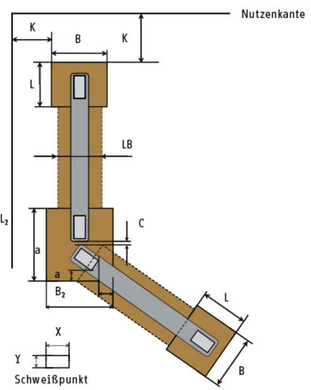
Gerade Leiterzüge
auf getrennten /gleichen Potentialen:



Abgewinkelte Leiterzüge
mit Runddraht

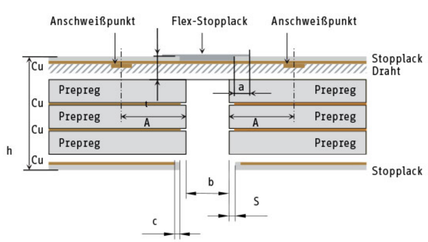


Abgewinkelte Leiterzüge
mit Flachdraht

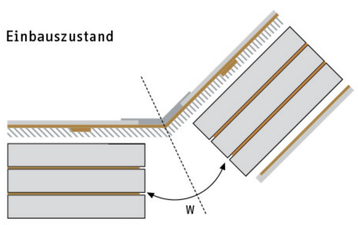


Wirelaid 3D, tiefengefräst

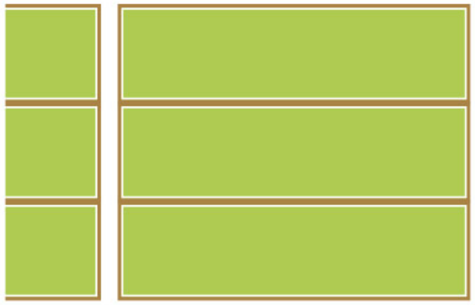
Anlieferungszustand



Einbauszustand



LP Aufbau

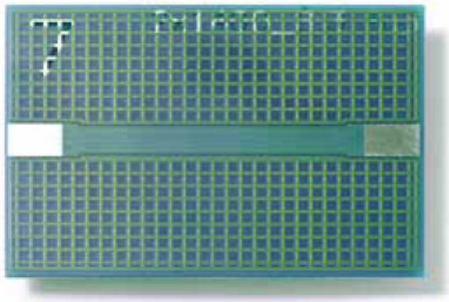


Cu Top	35/70/105 µm *
Prepreg	
Cu Layer 2	35/70/105 µm
Prepreg	
Cu Layer 3	35/70/105 µm
Prepreg	
Cu Bottom	35/70/105 µm *

Standard FR4, Stopplack std., HAL blfr., Th. = 2,2 – 2,5 mm
Kontur: 115 x 80 mm²

* zzgl. Aufkupferung (ca. 25 µm)

Drahtlage Top

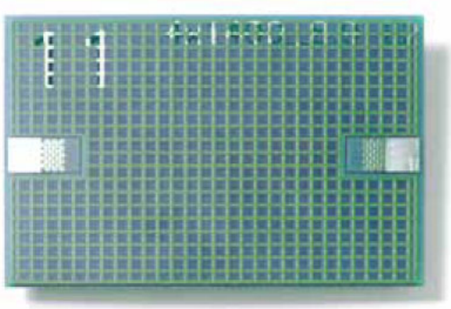


Top

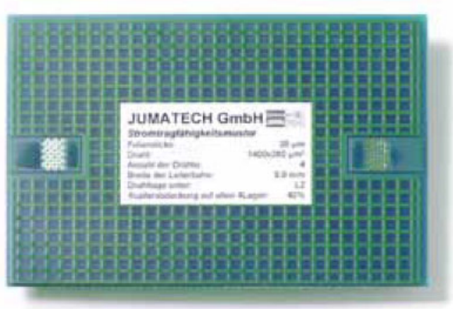
Bottom

Leiterbahnbreite und Drahtanzahl siehe Angaben in den Tabellen
Statistische Cu-Flutung: Hatch 40 %, alle Lagen

Drahtlage Layer 2



Top



Bottom

Leiterbahnbreite und Drahtanzahl siehe Angaben in den Tabellen
Statistische Cu-Flutung: Hatch 40 %, 1 LP jeweils 60 %, alle Lagen
Verbindung zu Außenlagen mit std. Vias

Messaufbau

Die Leiterplatten wurden in einem weitgehend thermisch isolierten Messrahmen parallel zur langen Kontur aufgenommen und fixiert.
Die Stromzuführung erfolgte über Lötpads
Verbindung zur Stromquelle: 4mm² bzw. 6mm² Cu-Litzen
Stromquelle: EA Netzgerät, PS9080-200, 0...80V / 200A DC
Wärmebildkamera: FLIR ThermaCam E320, Auswerte-Software: Quickguide 6.0
Emissionsgradkorrektur: Kreidespray Spotcheck SKD-S2, = 0,91
Die Umgebungstemperatur wurde ausreichend konstant gehalten (ca. 22°C)

Durchführung

Die Ströme wurden je 5 min eingeprägt, danach stellte sich ein ausreichend stabiler Zustand bezüglich des Temperatur-Gradienten ein.
Nach Ablauf der 5 min wurde ein IR Bild aufgenommen und gespeichert, sowie die Temperatur auf der LP Oberfläche festgehalten.
Die Auswertung erfolgte mit unterschiedlichen Drahtgeometrien, -anzahlen, Cu Basisdicken und Leiterbahnbreite über den Drähten.
Die Temperatur ist jeweils als Funktion des Stromes in der Tabelle angetragen

Verwendete Drähte

Drahttyp laut Tabelle	Typ	Durchmesser in µm	Breite in µm	Höhe in µm
300	Runddraht	300		
800	Flachdraht		800	250
1400	Flachdraht		1400	350

Funktionserklärung

Bestimmung
der Leiterspezifikationen

Drähte unter der Top Lage

			2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40	42	44	46	48	50	52	54	56	60	62	64	66	68	70	72	74	76	78	80	82	84	86	88	90	92	94	96	98	100	102	104	106	108	110	112
Cu 35 µm	– 1x300	¬ 0.9	0	1	4	8	13	17	30	42	56	74	101																																												
	– 2x300	¬ 1.8	0	0	1	3	6	9	13	18	23	29	34	41	50	62	74	89	106																																						
	– 1x800	¬ 1.4	0	1	1	3	6	8	12	16	21	26	32	39	47	56	67	79	95																																						
	– 2x800	¬ 3.1	0	1	2	2	3	5	7	9	12	15	18	20	23	26	34	38	43	50	56	62	70	78	87	96	106																														
	– 3x800	¬ 4.8	0	0	1	1	2	3	5	6	8	9	12	14	17	22	24	27	29	33	37	41	46	50	56	59	65	73	81	85	93	101																									
	– 4x800	¬ 6.5	0	0	1	1	1	1	2	4	7	9	11	12	15	18	20	23	27	30	33	36	40	44	48	53	58	63	67	74	80	86	93	102																							
	– 1x1400	¬ 2.0	0	0	1	2	4	5	8	11	14	18	22	27	31	37	43	49	56	64	74	81	92																																		
	– 1x1400	¬ 4.0	0	0	1	2	2	3	5	7	11	14	17	20	24	28	32	36	41	47	53	59	67	75	83	92	103																														
	– 1x1400	¬ 6.0	0	0	1	1	2	3	5	6	9	11	14	16	19	22	26	30	35	39	44	49	54	60	67	73	80	87	96																													
	– 2x1400	¬ 4.3	0	0	1	1	1	2	3	4	6	8	10	11	14	17	19	22	25	28	32	36	39	44	48	53	58	63	69	75	81	89	97																									
	– 2x1400	¬ 6.3	0	0	1	1	1	2	2	3	4	5	7	10	12	14	17	19	21	24	28	31	35	38	43	47	52	56	61	66	72	77	83	90	97																							
	– 2x1400	¬ 8.3	0	0	0	1	1	2	3	3	4	4	6	8	10	12	15	17	19	22	25	28	32	36	41	44	49	52	57	62	68	75	79	86	92	99																							
	– 3x1400	¬ 6.6	0	0	0	0	1	1	2	2	3	4	6	7	8	9	12	14	16	17	19	21	23	25	29	32	36	38	42	46	50	53	58	63	68	72	78	84	89	93	99																			
	– 3x1400	¬ 8.6	0	0	0	0	0	0	1	2	3	4	7	10	10	12	14	15	17	19	20	22	24	27	30	35	37	40	44	48	51	56	62	66	70	75	79	84	89	95	101																			
	– 3x1400	¬ 10.6	0	0	0	0	0	1	1	2	2	3	5	6	7	9	10	12	14	16	18	19	21	24	26	29	31	35	38	41	45	48	53	57	61	66	70	75	79	85	90	97	101																	
	– 4x1400	¬ 8.9	0	0	0	0	0	0	1	1	2	3	4	5	6	8	10	11	13	15	17	19	21	23	26	28	31	33	36	39	43	46	49	53	56	60	64	69	75	80	85	89	93	100															
	– 4x1400	¬ 10.9	0	0	0	0	0	0	0	1	2	3	4	4	5	7	9	10	12	14	16	18	20	23	25	27	30	34	38	39	43	46	49	53	56	60	62	67	72	76	79	87	92	97	104													
Cu 70 µm	– 1x300	¬ 0.9	0	1	3	7	12	16	27	38	53	68	92																																												
	– 2x300	¬ 1.8	0	0	1	3	6	8	12	16	21	26	31	38	46	56	67	81	97																																						
	– 1x800	¬ 1.4	0	1	1	3	6	8	11	14	19	23	29	35	42	50	60	71	86	106																																					
	– 2x800	¬ 3.1	0	1	1	2	3	5	6	8	10	12	16	19	23	26	31	35	40	45	51	57	64	72	79	87	95	105																													
	– 3x800	¬ 4.8	0	0	0	1	1	2	2	2	3	5	7	9	10	13	15	18	20	23	26	29	33	37	41	45	49	54	59	63	69	75	81	88	94	102																							
	– 4x800	¬ 6.5	0	0	0	0	0	0	1	2	3	4	5	7	8	10	11	14	16	18	21	23	26	29	32	35	39	43	47	50	55	58	62	67	71	78	85	90	97	101																			
	– 1x1400	¬ 2.0	0	0	1	2	3	4	5	7	9	12	15	18	22	25	29	34	39	45	51	57	64	74	82	91	96	101																													
	– 1x1400	¬ 4.0	0	1	1	1	2	3	4	5	7	9	11	14	16	19	22	26	30	33	38	42	47	52	58	63	70	77	84	91																													
	– 1x1400	¬ 6.0	0	0	1	1	1	3	4	4	6	7	9	10	13	15	17	20	22	25	28	31	35	39	43	48	52	57	62	68	74	79	86	93	99																							
	– 2x1400	¬ 4.3	0	0	0	1	1	2	3	4	5	6	7	9	10	12	14	16	18	21	23	26	29	32	35	39	43	47	51	55	59	64	69	74	79	85	91	97																					
	– 2x1400	¬ 6.3	0	1	1	1	1	2	3	3	4	5	7	8	9	11	12	14	16	19	21	24	27	30	33	36	39	43	46	50	54	58	63	68	72	78	84	90	97																					
	– 2x1400	¬ 8.3	0	0	0	0	1	2	3	3	4	4	6	7	8	9	10	13	14	16	18	20	21	23	25	28	31	34	37	40	43	46	49	53	57	62	66	70	74	79	84	90	97																	
	– 3x1400	¬ 6.6	0	0	0	0	0	1	1	2	2	3	4	5	6	7	8	9	11	12	13	15	17	19	20	22	24	26	28	31	33	36	39	42	46	49	52	55	59	64	68	72	77	82	88	93	97	100											
	– 3x1400	¬ 8.6	0	0	0	0	0	0	1	1	2	2	3	5	6	7	8	9	11	12	13	15	17	19	20	22	24	26	28	30	33	36	40	43	46	50	54	58	63	67	72	77	82	88	93	97	100											
	– 3x1400	¬ 10.6	0	0	0	0	0	0	1	1	1	2	3	4	4	5	6	8	9	10	12	13	14	16	18	20	22	24	26	28	29	30	33	35	40	44	46	48	52	56	59	63	65	68	73	77	81	85	89	94	100								
	– 4x1400	¬ 8.9	0	0	0	0	0	0	1	1	3	3	4	4	5	6	8	9	11	12	13	14	16	17	19	21	24	27	30	33	36	39	43	46	50	54	58	63	67	72	77	82	88	93	97	102												
	– 4x1400	¬ 10.9	0	0	0	0	0	0	0	1	1	2	3	4	4	6	7	8	10	11	13	14	16	17	19	20	22	24	25	28	30	32	35	38	40	43	45	47	50	53	56	60	63	67	70	73	76	79	85	92								
Cu 105 µm	– 2x800	¬ 3.1	0	0	1	2	3	4	5	7	8	10	12	15	17	20	22	26	29	33	37	42	46	51	56	62	67	75	82	90	98																													
	– 3x800	¬ 4.8	0	0	1	1	1	2	2	3	4	5	6	7	9	10	12	13	15	18	20	23	25	28	31	34	36	40	43	47	51	55	60	65	69	74	81	90	96	100																					
	– 4x800	¬ 6.5	0	0	0	0	1	1	2	2	3	3	4	5	6	8	8	11	12	14	16	18	20	23	25	28	30	33	36	39	42	45	48	52	56	60	64	68	73	77	82	87	92																	
	– 1x1400	¬ 2.0	0	1	1	2	2	3	5	6	8	10	12	14	17	20	24	27	31	36	40	45	51	57	63	70	76	84	93																													
	– 1x1400	¬ 4.0	0	0	0	1	1	2	3	4	5	7	8	10	12	14	17	20	22	25	28	31	35	39	43	47	51	56	61	66	72	78	84	91	98																							
	– 1x1400	¬ 6.0	0	0	0	1	1	1	1	2	3	4	5	7	8	10	12	14	16	18	21	23	26	29	32	34	37	40	44	48	53	57	62	67	71	76	82	88	94																					
	– 2x1400	¬ 4.3	0	0	1	1	1	2	2	3	4	5	6	7	8	10	11	13	15	17	19	21	24	26	29	31	34	37	40	44	47	51	55	58	62	66	71	76	81	86	92	98	105																	
	– 2x1400	¬ 6.3	0	1	2	2	2	2	3	3	4	5	6	7	8	10	11	12	13	15	17	19	21	24	27	29	32	34	37	39	42	45	48	51	55	59	62	66	70	74	79	83	88	94	99															
	– 2x1400	¬ 8.3	0	1	1	1	1	2	2	3	4	5	7	9	10	12	13	15	16	18	19	21	24	27	30	34	37	41	44	47	51	54	57	61	64	68	71	74	78	81	85	88	91	95	98															
	– 3x1400	¬ 6.6	0	1	1	1	1	1	2	2	2	3	4	4	5	7	8	9	10	12	13	14	16	18	20	21	23	25	27	29	30	33	36	38	40	42	45	48	51	54	57	60	63	67	70	73	77	81	85	89	93								
	– 3x1400	¬ 8.6	0	0	0	0	0	0	1	1	1	2	2	3	3	4	5	6	7	8	9	10	12	13	14	16	18	20	21	23	25	26	29	31	33	35	38	40	43	45	47	50	53	56	59	62	65	69	72	76	80	84	88	92					
	– 3x1400	¬ 10.6	0	0	0	0	0	1	1	2	2	3	3	4	5	7	8	9	11	12	13	14	16	19	22	24	27	30	32	35	35	36	36	36	39	41	44	47	49	52	55	58	61	64	67	71	74	77	81	84	88	92	96	101			
	– 4x1400	¬ 8.9	0	0	0	0	1	1	2	2	3	3	4	5	5	7	8	9	10	12	13	14	15	15	16	16	17	17	25	33	34	36	37	40	42	44	47	49	52	55	58	61	64	66	69	72	75	78	82	85	89	94	98				
	– 4x1400	¬ 10.9	0	0	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	3	4	4	5	6	7	8	9	10	11	12	14	15	16	18	19	21	22	25	27	29	30	32	35	37	39	41	44	46	49	52	24	57	60	62	65	68	71	73	76	79	81	84

¬ 覆膜后的导线线路宽

– Drähte und Leiterbahnbreite darüber (in mm)

1 Stromstärke Temperatur * Hatch 60%

Drähte unter der Lage 2

			2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40	42	44	46	48	50	52	54	56	60	62	64	66	68	70	72	74	76	78	80	82	84	86	88	90	92	94	96	98	100	102	104	106	108	110	112
Cu 35 µm L2	– 1x300	¬ 0.9	1	2	5	12	21	31	46	63	85																																														
	– 2x300	¬ 1.8	0	1	3	5	9	13	17	24	30	39	47	58	69	82	100																																								
	– 1x800	¬ 1.4	0	1	3	6	9	14	19	25	32	41	50	61	72	87	103																																								
	– 2x800	¬ 3.1	0	0	1	2	4	6	8	11	14	17	20	24	28	34	40	46	52	59	67	74	83	93	103																																
	– 3x800	¬ 4.8	0	0	0	1	2	3	4	6	8	10	12	15	18	21	24	28	32	35	39	45	50	55	60	66	73	80	88	95	103																											
	– 4x800	¬ 6.5	0	0	0	0	1	2	3	4	5	7	9	11	13	15	17	19	23	26	30	33	37	41	45	50	53	59	65	70	74	81	87	94	100																							
	– 1x1400	¬ 2.0	0	0	1	2	3	5	7	8	10	12	14	17	21	25	29	34	40	45	50	57	64	72	79	88	96																															
	– 1x1400	¬ 4.0	0	0	0	1	3	5	7	9	11	14	16	20	24	27	32	36	42	47	53	58	65	74	81	88	96																															
	– 1x1400	¬ 6.0	0	0	0	1	3	4	5	7	9	10	13	17	20	23	27	31	35	39	45	50	55	62	70	76	83	91	97																															
	– 2x1400	¬ 4.3	0	0	0	0	1	1	2	4	5	7	8	10	12	13	16	18	22	24	27	30	34	37	43	46	50	56	61	65	71	77	83	88	96	101																							
	– 2x1400	¬ 6.3	0	0	0	0	1	1	2	3	5	7	8	10	12	13	16	18	22	24	27	30	34	38	42	47	52	57	61	65	71	76	82	89	95	100																							
	– 2x1400	¬ 8.3	0	0	0	0	0	1	2	3	4	5	7	8	10	11	14	17	20	22	24	27	29	32	35	39	44	49	55	60	65	69	75	79	85	90	98																							
	– 3x1400	¬ 6.6	0	0	0	0	0	1	2	3	3	4	5	6	7	9	10	12	14	16	18	20	22	24	26	29	31	35	39	43	46	50	53	57	62	66	70	74	78	84	90	95	100																	
	– 3x1400	¬ 8.6	0	0	0	0	0	0	1	2	3	4	5	6	7	8	10	12	14	16	18	20	21	23	26	29	32	35	39	42	46	49	52	56	60	65	68	72	75	78	85	91	96	100															
	– 3x1400	¬ 10.6	0	0	0	0	0	0	1	2	3	4	5	6	7	8	10	12	14	16	18	20	21	23	25	28	31	33	37	40	44	48	52	55	60	64	68	72	76	80	85	90	95	101	107														
	– 4x1400	¬ 8.9	0	0	0	0	0	0	1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	11	12	14	16	18	20	22	24	25	27	30	34	37	41	45	49	53	57	62	66	71	76	82	88	93	97	100														
	– 4x1400	¬ 10.9	0	0	0	0	0	0	0	1	1	2	3	4	5	6	7	9	10	12	13	15	17	19	21	23	26	29	32	35	39	43	46	50	54	58	62	66	69	73	77	82	88	93	97	100												
	– 4x1400 *	¬ 8.9	0	0	0	0	0	1	1	2	2	3	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	16	18	19	21	22	24	26	27	29	31	34	37	39	42	44	46	48	50	53	54	58	60	63	66	69	73	74	75	77	79	82	
Cu 70 µm L2	– 1x300	¬ 0.9	1	2	4	8	13	19	28	40	55	70	88																																												
	– 2x300	¬ 1.8	0	1	2	3	6	8	12	16	21	25	31	38	45	52	62	72	84	97																																					
	– 1x800	¬ 1.4	0	1	2	3	6	9	13	18	22	28	35	42	50	59	70	83	100																																						
	– 2x800	¬ 3.1	0	0	1	2	2	4	5	7	9	11	13	16	19	23	27	32	36	41	46	52	58	64	71	78	86	95	104																													
	– 3x800	¬ 4.8	0	0	0	1	1	2	3	4	5	7	9	10	12	14	17	19	21	24	27	30	34	38	41	46	50	55	59	64	70	76	82	88	95	101																							
	– 4x800	¬ 6.5	0	0	0	0	1	2	2	3	4	5	6	7	9	10	12	13	15	18	20	22	25	28	31	34	37	40	43	47	51	55	58	61	67	72	77	82	88	93	99																			
	– 1x1400	¬ 2.0	0	0	1	2	2	3	5	6	8	10	12	14	17	20	23	26	30	34	38	43	48	53	59	65	72	80	87	100																													
	– 1x1400	¬ 4.0	0	0	1	1	2	2	4	5	8	10	12	14	17	19	21	24	26	29	34	38	42	47	52	57	63	68	74	81	88	94																											
	– 1x1400	¬ 6.0	0	0	0	1	2	2	3	4	6	8	10	12	14	16	19	22	24	28	31	35	38	42	46	51	56	61	66	72	77	83	89	95																							
	– 2x1400	¬ 4.3	0	0	0	0	1	1	2	3	4	5	6	8	9	11	12	14	16	18	20	22	25	28	30	33	37	40	43	47	51	54	59	63	67	72	77	82	88	94	100																			
	– 2x1400	¬ 6.3	0	0	0	0	1	2	2	3	4	5	6	7	8	10	11	13	15	17	19	21	23	25	28	32	34	37	39	43	47	51	56	59	63	66	70	76	81	85	89	95	102																	
	– 2x1400	¬ 8.3	0	0	0	0	1	2	3	3	4	4	5	6	7	8	9	11	13	15	18	21	24	27	31	32	34	35	39	43	45	48	51	55	57	66	70	74	78	82	90	94	100																	
	– 3x1400	¬ 6.6	0	0	0	0	0	1	1	2	2	3	3	4	5	6	8	10	12	13	15	16	18	20	22	24	25	27	29	31	34	36	38	41	44	47	50	54	58	62	66	69	73	77	82	88	93	97	100										
	– 3x1400	¬ 8.6	0	0	0	0	0	1	1	2	2	2	3	3	4	5	5	8	10	12	13	15	16	18	20	22	24	25	27	29	31	34	36	38	41	44	47	50	54	58	62	66	69	73	77	82	88	93	97	100									
	– 3x1400	¬ 10.6	0	0	0	0	0	1	1	2	2	2	3	3	4	4	7	10	12	13	15	16	18	20	22	24	25	27	29	31	34	36	38	41	44	47	50	54	58	62	66	69	73	77	82	88	93	97	100									
	– 4x1400	¬ 8.9	0	0	0	0	0	1	1	2	2	3	3	4	4	5	6	7	9	10	11	12	14	15	17	19	21	22	24	26	27	29	31	34	36	38	41	44	47	50	54	57	60	63	65	67	72	76	79	82	85	88					
	– 4x1400	¬ 10.9	0	0	0	0	0	0	1	1	2	2	3	3	4	4	6	8	9	10	11	12	14	15	16	18	20	22	23	25	27	29	31	33	35	38	40	43	45	48	51	54	57	60	63	66	69	73	77	80	83	86	89				
	– 4x1400 *	¬ 8.9	0	0	0	0	0	1	1	2	2	3	3	4	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	16	18	19	21	22	24	26	27	29	31	34	37	39	42	44	46	48	50	53	54	58	60	63	66	69	73	74	75	77	79