

DEUTSCHE VERSUCHSANSTALT FÜR LUFTFAHRT, E.V. BERLIN-ADLERSHOF

Thermoelement



10374

Druck: Zentrale für wissenschaftliches Berichtswesen
über Luftfahrtforschung bei der Deutschen Versuchsanstalt
für Luftfahrt E. V., Berlin-Adlershof.
Fernruf: 63 82 11

10375



DVI-Thermoelement.

10373

Verwendungszweck:

Die Verwendung von Thermoelementen wird hauptsächlich dort angebracht sein, wo hohe Temperaturen zu messen sind oder wo die Zugänglichkeit zur Ablesung von Flüssigkeitsthermometern Schwierigkeiten bereitet. Die Temperaturablesung kann in beliebiger Entfernung von der Einbaustelle des Thermoelementes erfolgen. Durch die Beobachtung der Temperaturanzeige mehrerer Elemente von einer Stelle aus steigt die Sicherheit, Schnelligkeit und Bequemlichkeit der Überwachung.

Das Thermoelement beruht auf der Tatsache, daß an der Löt- oder Schweißstelle von zwei verschiedenen Metallen eine der Temperatur der Verbindungsstelle entsprechende elektrische Spannung auftritt, wenn die beiden anderen Enden auf unveränderlicher Temperatur bleiben. Die thermoelektrische Spannung kann unmittelbar an einem Galvanometer abgelesen werden.

Das DVL-Thermoelement ist hauptsächlich zum Messen von Verbrennungsraum- und Abgastemperatur an Verbrennungsmotoren entwickelt worden und daher mit Zündkerzengewinde versehen. Hierbei werden nicht die wahren Temperaturen angezeigt, da es infolge seiner Trägheit dem raschen Temperaturwechsel nicht folgen kann, sondern es stellt sich eine mittlere Temperatur ein, die aber für Vergleichsversuche an Motoren gut geeignet ist (s. Bild 1).

Das DVL-Thermoelement ist aber auch zum Messen anderer Gas- und Flüssigkeitstemperaturen geeignet, z. B. der Kühlstofftemperatur, der Schmierstofftemperatur u. a. Hierbei ist es möglich, die wahren Temperaturen zu messen, wenn durch sachgemäßen Einbau dafür Sorge getragen wird, daß an der Meßstelle keine Wärme hin- oder abgeleitet wird (s. Knoblauch/Hencky, Anleitung zur genauen technischen Temperaturmessung).

Beschreibung:

Die Lötstelle 1 (Bild 2) des DVL-Thermoelementes ist durch eine hitzebeständige und zunderfeste Schutzhülse geschützt. Diese Hülse 2 ist mittels Glimmerscheiben 3 elektrisch und gegen allzu große Wärmeabfuhr isoliert in einem Futter 4

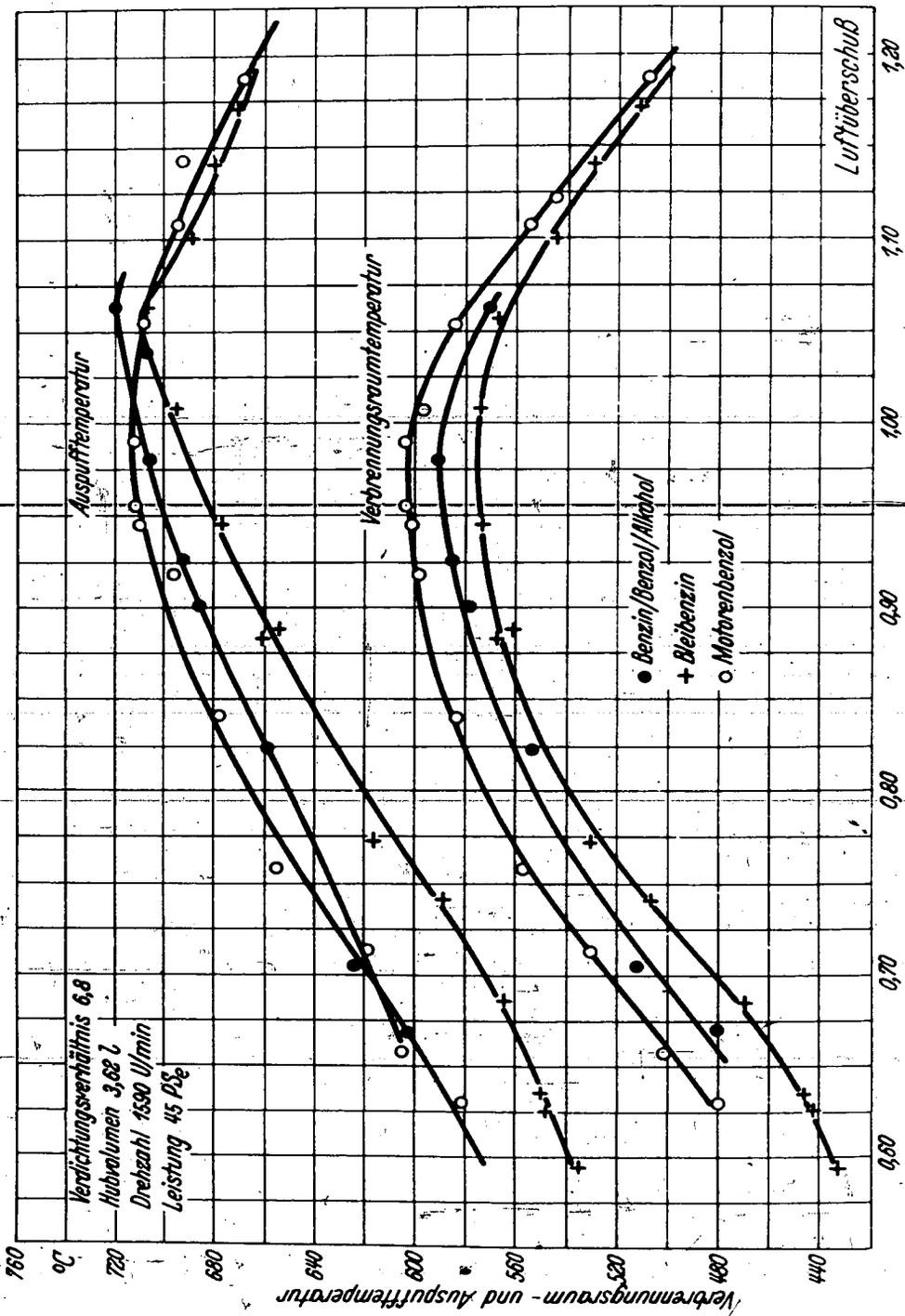
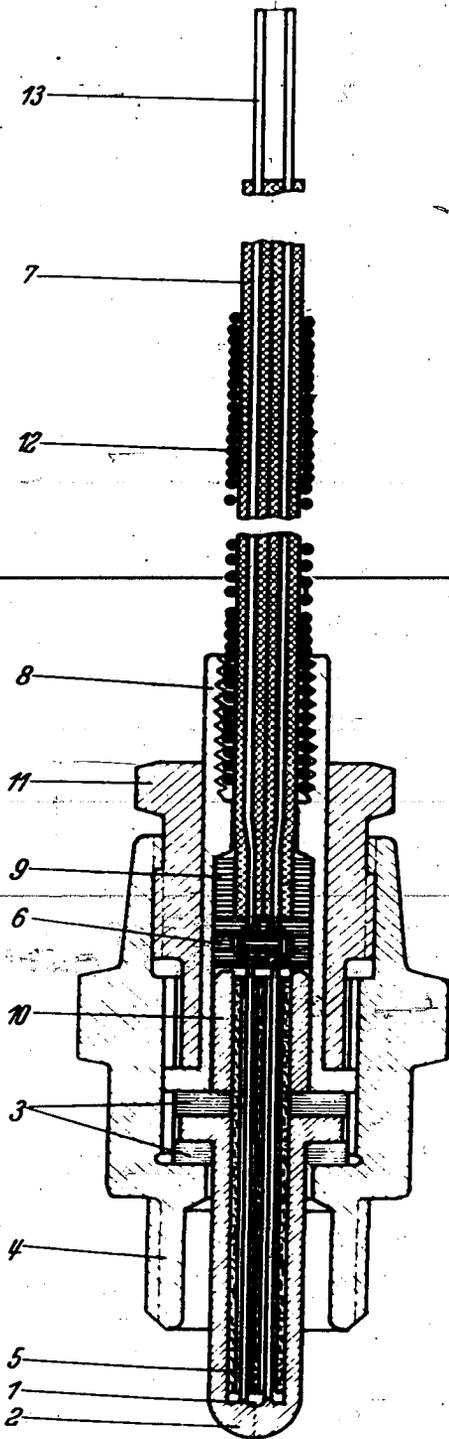


Bild 1. Temperaturkurven bei konstanter Leistung in Abhängigkeit vom Luftüberschuß.



- 1 Lötstelle
- 2 Hülse
- 3 Glimmerscheiben
- 4 Futter
- 5 Keramikkörper
- 6 Glimmerscheiben
- 7 Asbestschläuche
- 8 Stopfbuchse
- 9 Stopfbuchsenpackung
- 10 Drücker
- 11 Druckschraube
- 12 Feder
- 13 Freie Enden der Thermoelementendrähte

Bild 2

untergebracht. Die gegenseitige Isolierung der Elementendrähte erfolgt in dem der Hitze ausgesetzten Teil der Schutzhülse durch einen Keramikkörper 5. Die Drähte werden dann durch entsprechend gebohrte Glimmerscheiben 6 geknickt, um so die Zugkräfte, die von außen her auf die Lötstelle übertragen werden könnten, abzufangen. Zur weiteren Isolierung dienen dann Asbestschläuche 7, die durch eine Stopfbuchse 8 vor dem Herausziehen aus dem Futter gesichert sind. Als Stopfbuchsenpackung 9 dient Asbestschnur, die durch den Drücker 10 und die Druckschraube 11 zusammengepreßt wird. Die Herausführung der Drähte aus der Stopfbuchse ist durch eine Feder 12 elastisch gestaltet.

Der Plus-Draht des Thermoelementes besteht aus Nickel-Chrom und ist durch Schwarzlackierung des Asbestschlauches kenntlich gemacht, während der Minus-Draht aus Nickel besteht und magnetisch ist.

Meßanordnung:

Wie anfangs erwähnt, wird eine elektrische Spannung durch den Temperaturunterschied zwischen der heißen Lötstelle und den kalten freien Enden des Thermoelementes hervorgerufen. Je größer nun diese Temperaturdifferenz ist, umso höher ist auch die Spannung, die an dem Millivoltmeter abgelesen werden kann. Es ist demnach wichtig, die Temperatur der freien Enden zu kennen, denn diese ist bei der Eichkurve des Thermoelementes auf 0°C festgelegt. Jede andere Temperatur als 0°C erfordert eine Berichtigung der Kurve (s. Anhang zur Temperaturtabelle).

Ferner ist darauf zu achten, daß zur Verbindung von Thermoelement und Millivoltmeter 2 beliebige Drähte gleichen Werkstoffes verwendet werden (Bild 3). Die Temperaturen der beiden freien Enden (Klemmen a) des Thermoelementes müssen jeweils gleich sein, ebenso diejenigen der beiden Klemmen (b) des Millivoltmeters. Wird aber die Verlängerung mit demselben Draht vorgenommen, aus dem das Thermoelement besteht, dann findet die Messung der Temperatur der freien Enden an den Klemmen des Millivoltmeters statt.

In vielen Fällen ist es erforderlich, den Einfluß der Tagestemperatur auf die freien Enden auszuschalten. Durch

Zusammenlöten der freien Enden besteht die Möglichkeit, diese in einen temperaturbeständigen Behälter hineinzubringen. Zum Konstanthalten der Temperatur eignet sich eine Thermosflasche mit schmelzendem Eis oder ein elektrisch regulierbarer Thermostat (Bild 4).

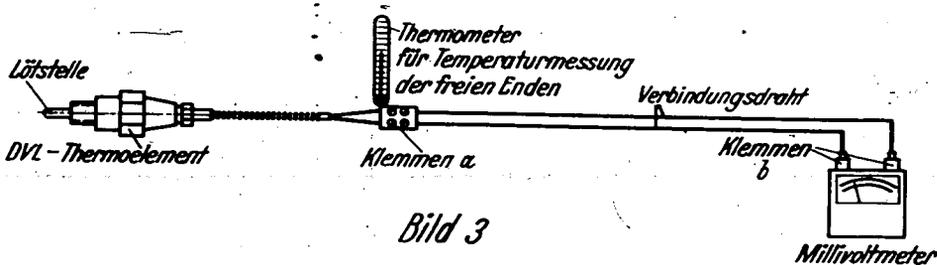


Bild 3

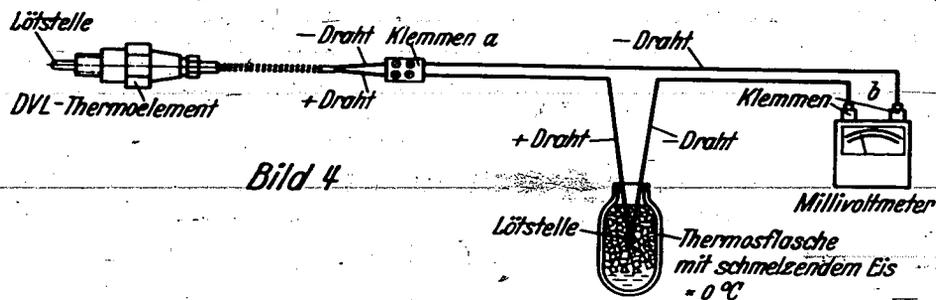


Bild 4

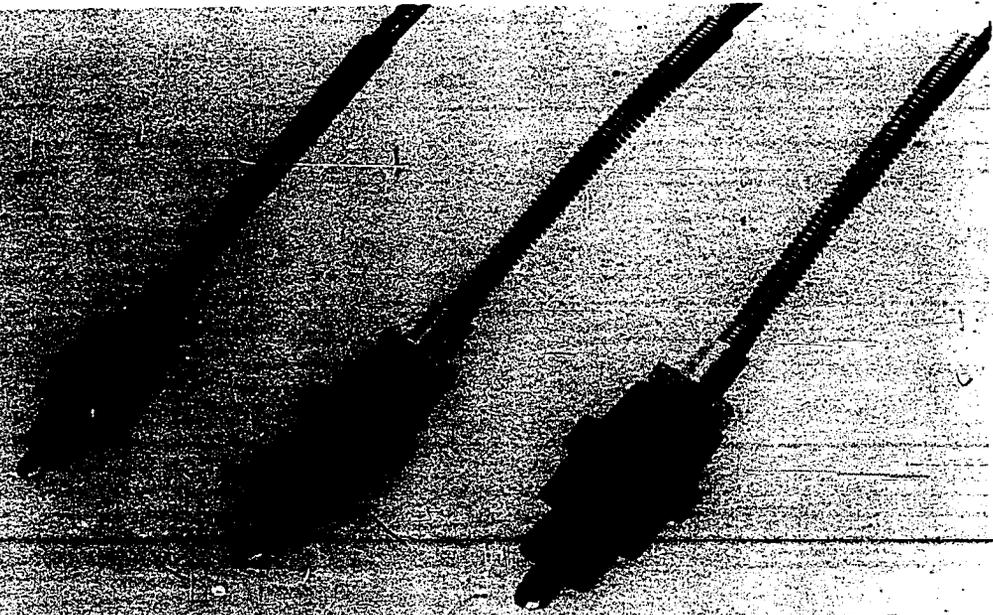
Die Anzeigeverzögerung

des DVL-Thermoelementes ist bedingt durch seine Masse und diejenige der Meßstelle und richtet sich daher nach der jeweiligen Art des Einbaues.

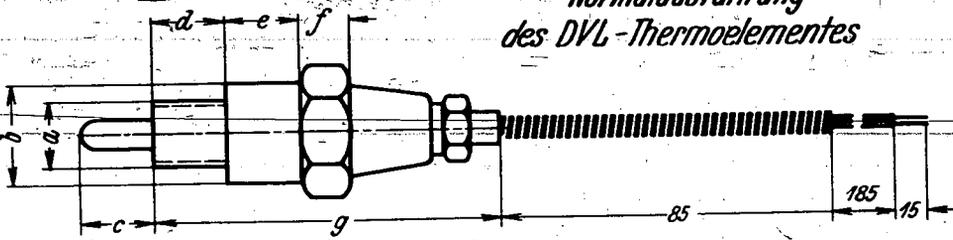
Die Genauigkeit der Temperaturmessung

ist bestimmt durch die Eigenschaften des DVL-Thermoelementes, die Messung des Widerstandes der Leitungen, der

Temperatur der freien Enden und die Genauigkeit der Eichung des DVL-Thermoelementes und des Drehspal-Anzeige-Gerätes. Durch geeignete Auswahl des Werkstoffes sind Einflüsse infolge chemischer Veränderungen der Drähte des Thermoelementes ausgeschaltet. Zur Ermittlung des Widerstandes der Meßeinrichtung genügen die bekannten Ohmmeter. Bei der Temperaturmessung an den freien Enden sind gegebenenfalls Maßnahmen zur Verhütung von Wärme-Ein- oder -Ausstrahlungen zu treffen. Bei Verwendung von Präzisions-Meßinstrumenten ist die Genauigkeit der Eichung des DVL-Thermoelementes von größerem Einfluß auf die Ermittlung der Temperatur als die des Meßinstrumentes. Diese würde bei Verwendung einer kalten Lötstelle von 0°C , bezogen auf einen Widerstand von 0 , bei 900°C auf etwa $\pm 5^{\circ}\text{C}$ genau sein. Dieser Fehler wird mit abnehmender Temperatur etwas kleiner. Die Werte der angefügten Temperaturtafel stimmen in diesen Grenzen mit denjenigen der ant-lichen Eichung der Physikalisch-technischen Reichsanstalt überein.



*Normalausführung
des DVL-Thermoelementes*



<i>a</i>	<i>M 18 · 1,5</i>	<i>M 14 · 1,25</i>	<i>M 12 · 1,25</i>
<i>b</i>	24,5	20	17
<i>c</i>	10	9,5	7,5
<i>d</i>	12	12	10
<i>e</i>	12	12	6
<i>f</i>	9	8	6,5
<i>g</i>	61	60	43
<i>Schlüsselweite</i>	26	22	19

*Abmessungen der Normalausführungen des
DVL-Thermoelementes.*

Beispiel für richtige Temperaturermittlung.

Es ist die Aufgabe gestellt, die mittlere Auspufftemperatur eines luftgekühlten Motors zu bestimmen. Da kein DVL-Thermoelementendraht vorhanden ist, wird Kupferdraht als Verbindung zwischen DVL-Thermoelement und Millivoltmeter verwendet. Das mV-Meter hat zwei Meßbereiche: von 0 bis 17 mV bzw. von 0 bis 51 mV, wobei von der Instrumentenfirma für die 17 mV-Skala ein Instrumentenwiderstand von 237Ω angegeben ist.

Angenommen der Widerstand der gesamten Leitung + Thermoelement beträgt 20Ω .

Bei der Messung werden am mV-Meter 29,2 mV abgelesen. Ein an den freien Enden des Thermoelementes angebrachtes Thermometer zeigt infolge der vom Zylinder aufgeheizten Kühlluft $54,5^{\circ}\text{C}$ an. Die Klemmen des mV-Meters haben 15°C .

Ermittlung der Temperatur:

Zunächst wird der Widerstand der Leitung auf 0Ω reduziert. Da auf der 51 mV-Skala gemessen wurde und diese dreimal so groß ist wie die 17 mV-Skala, ist auch der Instrumentenwiderstand für die 51 mV-Skala dreimal so groß, also $237 \cdot 3 = 711 \Omega$. Die Spannung E_0 an der Lötstelle des Thermoelementes ist unter diesen Voraussetzungen:

$$\frac{711+20}{711} \cdot 29,2 = 30,0 \text{ mV.}$$

Maßgebend für die Berechnung ist die Temperatur der freien Enden von $54,5^{\circ}\text{C}$. Die anschließenden Verlängerungsleitungen erzeugen keine zusätzliche Thermokraft mehr. Da der Verlauf der Thermokraft in Abhängigkeit von der Temperatur nicht genau linear ist, muß zunächst aus der Tabelle die Thermokraft für $54,5^{\circ}\text{C}$ abgelesen werden, also 2,3 mV. Dann beträgt die gesamte zu berücksichtigende Thermokraft $2,3 + 30,0 = 32,3 \text{ mV}$, entsprechend einer Temperatur von 765°C in der nebenstehenden Tabelle.

Temperaturtabelle für DVL-Thermoclemente

Widerstand des Elementes R_1 , kalte Lötstelle θ_{C_1}

Piso-draht Nickel-Chrom
Minustreht Nickel (Magnetsch)

mV	°C	mV	°C	mV	°C	mV	°C	mV	°C	mV	°C	mV	°C	mV	°C	mV	°C	mV	°C		
0.1	2.5	5.1	121	10.1	238	15.1	339	20.1	476	25.1	595	30.1	713	35.1	832						
1	4.5	2	126	2	242	3	362	3	479	3	597	3	716	3	834						
2	7.0	3	131	4	244	4	362	4	481	4	599	4	718	4	835						
3	9.5	4	136	5	246	5	365	5	485	5	604	5	722	5	841						
4	12.0	5	140	6	248	6	367	6	486	6	604	6	725	6	843						
5	14.5	6	145	7	251	7	370	7	492	7	609	7	727	7	846						
6	17.0	7	150	8	254	8	374	8	495	8	614	8	730	8	849						
7	19.5	8	155	9	257	9	377	9	498	9	619	9	733	9	852						
8	22.0	9	160	10	260	10	382	10	502	10	624	10	736	10	855						
9	24.5	10	165	11	263	11	387	11	507	11	629	11	739	11	858						
10	27.0	11	170	12	266	12	392	12	512	12	634	12	742	12	861						
11	29.5	12	175	13	269	13	397	13	517	13	639	13	745	13	864						
12	32.0	13	180	14	272	14	402	14	522	14	644	14	748	14	867						
13	34.5	14	185	15	275	15	407	15	527	15	649	15	751	15	870						
14	37.0	15	190	16	278	16	412	16	532	16	654	16	754	16	873						
15	39.5	16	195	17	281	17	417	17	537	17	659	17	757	17	876						
16	42.0	17	200	18	284	18	422	18	542	18	664	18	760	18	879						
17	44.5	18	205	19	287	19	427	19	547	19	669	19	763	19	882						
18	47.0	19	210	20	290	20	432	20	552	20	674	20	766	20	885						
19	49.5	20	215	21	293	21	437	21	557	21	679	21	769	21	888						
20	52.0	21	220	22	296	22	442	22	562	22	684	22	772	22	891						
21	54.5	22	225	23	299	23	447	23	567	23	689	23	775	23	894						
22	57.0	23	230	24	302	24	452	24	572	24	694	24	778	24	897						
23	59.5	24	235	25	305	25	457	25	577	25	699	25	781	25	900						
24	62.0	25	240	26	308	26	462	26	582	26	704	26	784	26	903						
25	64.5	26	245	27	311	27	467	27	587	27	709	27	787	27	906						
26	67.0	27	250	28	314	28	472	28	592	28	714	28	790	28	909						
27	69.5	28	255	29	317	29	477	29	597	29	719	29	793	29	912						
28	72.0	29	260	30	320	30	482	30	602	30	724	30	796	30	915						
29	74.5	30	265	31	323	31	487	31	607	31	729	31	799	31	918						
30	77.0	31	270	32	326	32	492	32	612	32	734	32	802	32	921						
31	79.5	32	275	33	329	33	497	33	617	33	739	33	805	33	924						
32	82.0	33	280	34	332	34	502	34	622	34	744	34	808	34	927						
33	84.5	34	285	35	335	35	507	35	627	35	749	35	811	35	930						
34	87.0	35	290	36	338	36	512	36	632	36	754	36	814	36	933						
35	89.5	36	295	37	341	37	517	37	637	37	759	37	817	37	936						
36	92.0	37	300	38	344	38	522	38	642	38	764	38	820	38	939						
37	94.5	38	305	39	347	39	527	39	647	39	769	39	823	39	942						
38	97.0	39	310	40	350	40	532	40	652	40	774	40	826	40	945						
39	99.5	40	315	41	353	41	537	41	657	41	779	41	829	41	948						
40	102.0	41	320	42	356	42	542	42	662	42	784	42	832	42	951						
41	104.5	42	325	43	359	43	547	43	667	43	789	43	835	43	954						
42	107.0	43	330	44	362	44	552	44	672	44	794	44	838	44	957						
43	109.5	44	335	45	365	45	557	45	677	45	799	45	841	45	960						
44	112.0	45	340	46	368	46	562	46	682	46	804	46	844	46	963						
45	114.5	46	345	47	371	47	567	47	687	47	809	47	847	47	966						
46	117.0	47	350	48	374	48	572	48	692	48	814	48	850	48	969						
47	119.5	48	355	49	377	49	577	49	697	49	819	49	853	49	972						
48	122.0	49	360	50	380	50	582	50	702	50	824	50	856	50	975						
49	124.5	50	365	51	383	51	587	51	707	51	829	51	859	51	978						
50	127.0	51	370	52	386	52	592	52	712	52	834	52	862	52	981						
51	129.5	52	375	53	389	53	597	53	717	53	839	53	865	53	984						
52	132.0	53	380	54	392	54	602	54	722	54	844	54	868	54	987						
53	134.5	54	385	55	395	55	607	55	727	55	849	55	871	55	990						
54	137.0	55	390	56	398	56	612	56	732	56	854	56	874	56	993						
55	139.5	56	395	57	401	57	617	57	737	57	859	57	877	57	996						
56	142.0	57	400	58	404	58	622	58	742	58	864	58	880	58	999						
57	144.5	58	405	59	407	59	627	59	747	59	869	59	883	59	1002						
58	147.0	59	410	60	410	60	632	60	752	60	874	60	886	60	1005						
59	149.5	60	415	61	413	61	637	61	757	61	879	61	889	61	1008						
60	152.0	61	420	62	416	62	642	62	762	62	884	62	892	62	1011						
61	154.5	62	425	63	419	63	647	63	767	63	889	63	895	63	1014						
62	157.0	63	430	64	422	64	652	64	772	64	894	64	898	64	1017						
63	159.5	64	435	65	425	65	657	65	777	65	899	65	901	65	1020						
64	162.0	65	440	66	428	66	662	66	782	66	904	66	904	66	1023						
65	164.5	66	445	67	431	67	667	67	787	67	909	67	907	67	1026						
66	167.0	67	450	68	434	68	672	68	792	68	914	68	910	68	1029						
67	169.5	68	455	69	437	69	677	69	797	69	919	69	913	69	1032						
68	172.0	69	460	70	440	70	682	70	802	70	924	70	916	70	1035						
69	174.5	70	465	71	443	71	687	71	807	71	929	71	919	71	1038						
70	177.0	71	470	72	446	72	692	72	812	72	934	72	922	72	1041						
71	179.5	72	475	73	449	73	697	73	817	73	939	73	925	73	1044						
72	182.0	73	480	74	452	74	702	74	822	74	944	74	928	74	1047						
73	184.5	74	485	75	455	75	707	75	827	75	949	75	931	75	1050						
74	187.0	75	490	76	458	76	712	76	832	76	954	76	934	76	1053						
75	189.5	76	495	77	461	77	717	77	837	77	959	77	937	77	1056						
76	192.0	77	500	78	464	78	722	78	842	78	964	78	940	78	1059						
77	194.5	78	505	79	467	79	727	79	847	79	969	79	943	79	1062						
78	197.0	79	510	80	470	80	732	80	852	80	974	80	946	80	1065						
79	199.5	80	515	81	473	81	737	81	857												