

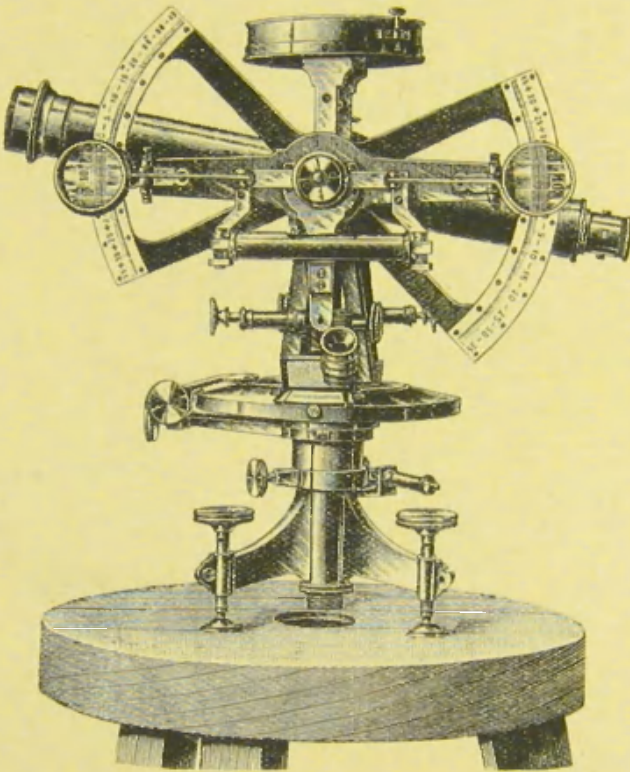
JORDAN
HILFSTAFELN
FÜR
TACHYMETRIE



HILFSTAFELN
FÜR
TACHYMETRIE

VON
Dr. W. JORDAN
VORM. PROFESSOR AN DER TECHN. HOCHSCHULE IN HANNOVER

ACHTE AUFLAGE



STUTT GART
J. B. METZLERSCHE VERLAGSBUCHHANDLUNG
1 9 2 4

Vorwort und Einleitung.

Seit dem Erscheinen der „Hilfstafeln für Tachymetrie“ im Jahre 1880 haben diese Tafeln erst langsam, dann aber immer rascher in den Kreisen der tachymetrischen Praktiker Eingang und Anerkennung gefunden; und die Tatsache, daß nun eine zweite Auflage notwendig geworden ist, wird wohl am lautesten dafür sprechen, daß der zu Grund liegende Gedanke ein guter war.

Bei der großen Wettbewerbung auf diesem Gebiete — durch Rechenschieber, Schiebetachymeter, Schiebebretter, Tachymeterquadranten, selbstreduzierende Tachymeter u. s. w. — ist es dem Praktiker, der doch diese Erfindungen nicht alle selber durchprobieren kann, schwer gemacht, das Richtige herauszufinden, zumal wenn er von Schriften und einseitigen Darlegungen beeinflußt wird, welche an dem jeweiligen Apparate die Vorzüge rühmen und die Nachteile verschweigen.

Verfasser glaubt nicht in denselben Fehler zu verfallen, wenn er nun einige günstige Zitate zusammenstellt, welche ihrer ganzen Natur nach unabhängig entstanden sind.

Das Handbuch der Ingenieurwissenschaften, erster Band, Vorarbeiten, Erd-Grund-, Straßen- und Tunnelbau, bearbeitet von Oberschulte, Königl. Preuß. Eisenbahnbau- und Betriebsinspektor u. a., 3. Auflage, Leipzig 1898, welches über die tüchtigsten Kräfte von Eisenbahnvorarbeitungs-Ingenieuren in Preußen (z. B. an der linksrheinischen Eisenbahn u. a.) verfügt, hat nach Vorführung aller hiebei in Frage kommenden Methoden auf Seite 225 sich so ausgesprochen:

„Die ausführlichsten und brauchbarsten Tafeln sind die ‚Hilfstafeln für Tachymetrie von Jordan‘, Stuttgart, J. B. Metzler, 1880.

Diese Tafeln werden von vielen Fachleuten allen anderweitigen zeichnerischen und rechnerischen Hilfsmitteln vorgezogen.“

Ein besseres Urteil von absolut unabhängiger und unbeteiligter Seite können wir nicht erwarten.

Gleich günstig ist unter den mancherlei schriftlichen Äußerungen eine allerdings nicht ursprünglich zum Druck bestimmte, aber umsomehr objektiv wirkende Äußerung von Herrn Oberinspektor R. in St. vom 20. September 1898, deren

Abdruck ohne vorherige Genehmigung Herr R. wohl nachträglich verzeihen wird, sie lautet:

„für Ihre Tafeln bin ich geradezu begeistert, in meinem Aufsichtsbezirk wird sehr viel und gerne damit gearbeitet“,

und weiter am 11. November 1898:

„Ihre Tafeln sind in der Tat das ‚beste‘ Hilfsmittel; ich wollte dazu ‚helfen, daß dies absolut der Fall ist.“

Letzteres bezog sich auf den Vorschlag einer Ausdehnung der Tafeln bis auf 350^m, auf die ich aber mich zur Zeit nicht einlassen wollte (vergl. das Spätere Seite VIII).

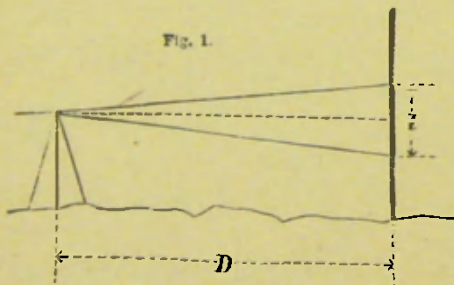
Hieran reiht sich auch ein Wunsch vom 1. Juni 1894 aus einem anderen Staate, es möchten in unseren Tafeln für Entfernungen bis 100^m die Höhenwinkel von 30° bis auf 45° ausgedehnt werden, damit die Tafeln auch im Hochgebirge niemals versagen. Als wir aber dem Antragsteller vorschlugen, er möchte hiezu einen Beitrag geben, erhielten wir die Antwort, daß das „Kanzleipauschale“ dazu nicht ausreiche.

Von beabsichtigten Erweiterungen und Ergänzungen bringt diese zweite Auflage die zwei neuen Seiten 244 und 245, nämlich Seite 244: $100 \left(\frac{1}{2} \sin 2\alpha \right)$ und $100 \cos^2 \alpha$ zwischen 0° und 10° von 1' zu 1' mit einer Stelle mehr als sonst, und Seite 245: $100 \sin^2 \alpha$ zwischen 0° und 12°, ebenfalls von 1' zu 1', d. h. zwei Tafeln, deren Zweck leicht verständlich ist, auf die wir nachher noch zurückkommen werden.

Alle seit 1880 gefundenen kleinen Fehler, für deren Mitteilung hiemit Dank gesagt wird, sind in den Stereotypplatten verbessert worden.

Übergehend zu einer kurzen Gebrauchsanleitung werden wir wohl die wenigen einfachen Theorien dazu als bekannt voraussetzen dürfen, bzw. hiefür auf des Verfassers Handbuch der Vermessungskunde II. Band, 5. Aufl., 1897, Kap. XIV, Seite 634—703 verweisen dürfen.

I. Horizontale Zielrichtung.



Der einfachste Fall ist bekanntlich der, daß der Fadenabstand des distanzmessenden Fernrohrs auf die Konstante 100 gestimmt ist und Proportionalität zwischen Fadenablesung l und Entfernung D stattfindet (oder näherungsweise gültig angenommen wird).

Bei nahezu horizontaler Zielrichtung, wie in Fig. 1 angenommen ist, hat man dann einfach $D = 100 l$, oder 1 Centimeter in der vertikalen Latte gibt 1 Meter Entfernung horizontal. Hat man z. B. $l = 147^{\text{cm}}$ an der Latte zwischen den

Fäden abgelesen, so hat man kurzweg $D = 147^m$, und die Tafeln braucht man dazu nicht.

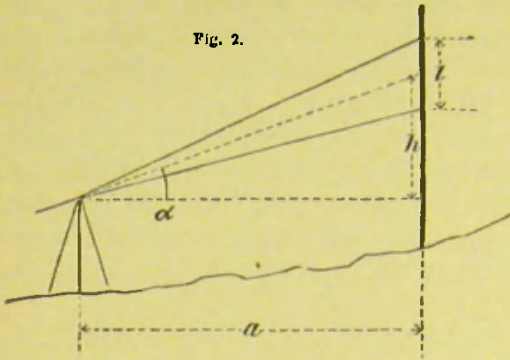
II. Schiefe Zielrichtung.

Wenn die Zielrichtung für den Mittelfaden des Fernrohrs den Höhenwinkel α hat und im übrigen alles wie im vorigen Falle ist, so bekommt man die Horizontalentfernung a und den Höhenunterschied h nach Fig. 2 durch die bekannten Gleichungen:

$$a = l \cos^2 \alpha \quad \text{und} \quad h = \frac{1}{2} l \sin 2\alpha \quad (1)$$

wobei sofort (für $k = 100$) alle Maße l , a und h in Metern gezählt werden können. Was die Gleichungen (1)

Fig. 2.



ausdrücken, das geben nun die Tafeln unmittelbar, z. B.:

$l = 151$,	$\alpha = + 8^\circ 24'$	gibt	$a = 148^m$,	$h = + 21,8^m$
$l = 147$,	$\alpha = + 16^\circ 20'$	„	$a = 135^m$,	$h = + 39,7^m$
$l = 182$,	$\alpha = - 5^\circ 23'$	„	$a = 180^m$,	$h = - 17,0^m$.

Dabei haben wir die Horizontalentfernungen auf 1^m und die Höhen auf $0,1^m$ abgerundet, was der Praxis im Kartenmaßstab etwa $1 : 2500$ und in kleineren Maßstäben entspricht. Man liest schon im Felde l nur auf Centimeter ab und nimmt beim Aufschlagen in der Tafel kurzer Hand den nächstliegenden Wert, ohne Interpolation.

Dabei ist es aber natürlich auch nicht ausgeschlossen, in besonderen Fällen nach dem Anblick der Nachbarzahlen flüchtig zu interpolieren, z. B. überschießende Bruchteile von l auch in $l \cos^2 \alpha$ einfach wieder zuzuschlagen. Wenn man aber bedenkt, welchen Zwecken die tachymetrischen Punkte nachher, z. B. zur Konstruktion von Horizontalkurven usw., dienen sollen, so wird man bald das glatte Aufschlagen ohne Interpolation (das nach Jordan, Handb. der Verm., 3. Aufl. 1888 Seite 609—610 nur $\pm 0,26^m$ mittleren Entfernungsfehler und $\pm 0,04^m$ mittleren Höhenfehler gibt), als genügend gelten lassen, und auch bei grundlegenden Tachymeterzügen sich höchstens auf die einfachste flüchtige Okular-Interpolation einlassen.

III. Besondere Konstanten c und k .

Das Bisherige gilt, wenn $c = 0$ und $k = 100$ ist, was bezüglich c bei einem Porro-Fernrohr stattfindet, aber bezüglich $k = 100$ wohl niemals in aller Strenge der Fall sein wird, denn wenn auchbeabsichtigt war, $k = 100$ zu machen, so ist es doch nicht zu vermeiden, dass k ein von 100 etwas abweichender Wert wird. Man hat ja sogar auch beobachtet, daß die Konstanten der Distanzmesser sich mit

der Temperatur und sonstigen Ursachen ändern (vergl. Tieter, Zeitschrift für Instrumentenkunde 1882, Seite 117—134 und Seite 157—167, Änderungen $\pm 0,25\%$, auch Zeitschrift für Optik und Mechanik 1882, Seite 150).

Wenn man daher genauer rechnen will, so muß man bei unseren Tafeln, ebenso wie auch bei allen anderen tachymetrischen Hilfsmitteln, die jeweiligen Instrumenten-Konstanten c und k genauer bestimmen und in Rechnung bringen. Auch wenn man ein Porro-Fernrohr hat, bei welchem allerdings $c=0$ ist, wird man doch bezüglich der Multiplikations-Konstanten k nie darauf rechnen dürfen, daß k wirklich $= 100,0$ oder $= 100,00$ ist. Eine Versuchsreihe mit genau abgemessenen Entfernungen wird fast immer Abweichungen, etwa $k=100,2$, $k=99,7$ u. a. geben, und dann tritt gerade die Anordnung unserer Tafeln ins schönste Licht, weil man jede solche Abweichung von k von dem Normalwert 100, zusammen mit einer kleinen Additions-Konstanten c , dadurch in Rechnung bringen kann, daß man die Überschriften der einzelnen Tafelseiten handschriftlich ändert.

Angenommen, man habe nach Fig. 1:

$$D = c + k l, \quad (2)$$

wobei vielleicht etwa $c = 0,5^m$ ist (vergl. Jordan, Handb. der Vermess. II., 5. Aufl. 1897, Seite 653) und k ein Wert in der Nähe von 100, oder auch k ein ganz beliebiger Wert, dann braucht man nur die Gleichung (2) nach l aufzulösen:

$$l = -\frac{c}{k} + \frac{D}{k} \quad (3)$$

und dafür l tabellarisch auszurechnen.

Angenommen, man habe für einen Tachymeter mit Huyghens'schem oder Ramsden'schem Okular:

$$D^m = 0,5^m + 99,6 l^m \text{ d. h. } c = 0,5 \text{ und } k = 99,6,$$

dann wird nach (3):

$$l^m = -0,50 + 1,00402 D^m,$$

und die zugehörigen Werte findet man bereits ausgerechnet in der „Korrektionstafel“ am Schlusse des Buches Seite 246, nämlich:

für	$D = 10^m$	20^m	30^m	40^m	$50^m \dots$
	$l = 9,5$	$19,6$	$29,6$	$39,7$	$49,7 \dots$

Man wird also z. B. auf Seite 41 für $l = 50$ die Überschrift 50 durch 49,7 handschriftlich ersetzen u. s. w., und dann mit den handschriftlich geänderten Zahlen gerade ebenso verfahren, wie früher mit den gedruckten.

Wenn die Konstanten c und k irgend welche unrunde Werte sind, welche in der Korrektionstafel Seite 244 nicht vorkommen (und das wird der allgemeine Fall sein), so hat man die Umrechnung selbst zu machen, was aber keine ins Gewicht fallende Sache ist. Wir hatten z. B. an dem Tachymeter Nr. 1 der Karlsruher Technischen Hochschule

$$D^m = 0,72^m + 90,942 l^m \text{ oder umgekehrt } l^m = -0,792 + 1,0996 D^m.$$

Hiernach rechnet man (etwa glatt mit der Rechenmaschine) zuerst die Hauptwerte von 10^m zu 10^m :

$D = 10^m$, $l = 10,2$	$D = 90$, $l = 98,2$	$D = 170$, $l = 186,1$
20 21,2	100 109,2	180 197,1
30 32,2	110 120,2	190 208,1
40 43,2	120 131,2	200 219,1
50 54,2	130 142,2	210 230,1
60 65,2	140 153,2	220 241,1
70 76,2	150 154,2	230 252,1
80 87,2	160 175,1	240 263,1
		250 274,1

sowie auch für alle einzelnen Meter:

$D = 10$, $l = 10,2$	$D = 14$, $l = 14,6$	$D = 18$, $l = 19,0$
11 11,3	15 15,7	19 20,1
12 12,4	16 16,8	20 21,2
13 13,5	17 17,9	21 22,3

usw.

Nachdem man hiernach die Kopfüberschriften aller einzelnen Tabellenseiten handschriftlich geändert hat, kann man für das fragliche Instrument mit den Konstanten $c = 0,72^m$ und $k = 90,942$ alles ebenso aus der Tafel aufschlagen, wie sonst für $c = 0$ und $k = 100$.

Wir halten diese Möglichkeit des Umrechnens auf beliebige Konstanten c und k für einen besonderen Vorteil unserer Tafeln, im Vergleich mit allen anderen beim Wettbewerb in Frage kommenden Apparaten und Hilfsmitteln. Z. B. die Momot-schen und ähnlichen Rechenschieber lassen zwar mit Leichtigkeit ein anderes k einführen, aber verlangen unweigerlich $c = 0$; und die mannigfachen Schiebeapparate lassen zwar zuweilen ein besonderes c einstellen, verlangen aber $k = 100$.

IV. Entfernungen über 250^m.

In der weitaus größten Zahl der Tachymetermessungen ist die Entfernung kleiner als 250^m, also unsere Tafel unmittelbar anzuwenden. Die von ihren Erfindern so sehr gepriesenen Schiebetachymeter und ähnliche mechanische Apparate gehen sogar nicht über 200^m. Statt auf grössere Entfernungen abzulesen, bei welchen schon die Verständigung zwischen der Latte und dem Instrumente selbst und der ganze Betrieb zu umständlich wird, tut man meist besser daran, die Standpunkte enger zu legen, was auch aus Gründen der Genauigkeit zu empfehlen ist. Grundlegende Züge (z. B. zwischen je zwei trigonometrischen Punkten) werden bei Bussole und Distanzmesser wesentlich genauer mit kurzen Seiten, als mit langen Seiten.

Sogar bei der topographischen Abteilung der Landesaufnahme, wo man dem kleinen Maßstab 1 : 25 000 auf Entfernungen bis 600^m ausgegriffen werden darf, bilden doch diese großen Entfernungen bei weitem die Minderzahl, und bei unseren Aufnahmen in dem Maßstab 1 : 2500 oder 1 : 2000 kamen Entfernungen über 250^m wohl nur in etwa 1 Prozent aller Fälle vor.

Indessen grössere Entfernungen kommen vor, und dann hat man beim Gebrauch unserer Tafeln als erstes Mittel: Halbieren und Verdoppeln.

Corrections-Tafel.

D	c = 0										D	
	k=99,0	k=99,2	k=99,4	k=99,6	k=99,8	k=100,0	k=100,2	k=100,4	k=100,6	k=100,8		k=101,0
10	10.1	10.1	10.1	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	9.9	9.9	9.9	10
20	20.2	20.2	20.1	20.1	20.0	20.0	20.0	19.9	19.9	19.8	19.8	20
30	30.3	30.2	30.2	30.1	30.1	30.0	29.9	29.9	29.8	29.8	29.7	30
40	40.4	40.3	40.2	40.2	40.1	40.0	39.9	39.8	39.8	39.7	39.6	40
50	50.5	50.4	50.3	50.2	50.1	50.0	49.9	49.8	49.7	49.7	49.5	50
60	60.6	60.5	60.4	60.2	60.1	60.0	59.9	59.8	59.6	59.5	59.4	60
70	70.7	70.6	70.4	70.3	70.1	70.0	69.9	69.7	69.6	69.4	69.3	70
80	80.8	80.6	80.5	80.3	80.2	80.0	79.8	79.7	79.5	79.4	79.2	80
90	90.9	90.7	90.5	90.4	90.2	90.0	89.8	89.6	89.5	89.3	89.1	90
100	101.0	100.8	100.6	100.4	100.2	100.0	99.8	99.6	99.4	99.2	99.0	100
110	111.1	110.9	110.7	110.4	110.2	110.0	109.8	109.6	109.3	109.1	108.9	110
120	121.2	121.0	120.7	120.5	120.2	120.0	119.8	119.5	119.3	119.0	118.8	120
130	131.3	131.0	130.8	130.5	130.3	130.0	129.7	129.5	129.2	129.0	128.7	130
140	141.4	141.1	140.8	140.6	140.3	140.0	139.7	139.4	139.2	138.9	138.6	140
150	151.5	151.2	150.9	150.6	150.3	150.0	149.7	149.4	149.1	148.8	148.5	150
160	161.6	161.3	161.0	160.6	160.3	160.0	159.7	159.4	159.0	158.7	158.4	160
170	171.7	171.4	171.0	170.7	170.3	170.0	169.7	169.3	169.0	168.7	168.3	170
180	181.8	181.5	181.1	180.7	180.4	180.0	179.6	179.3	178.9	178.6	178.2	180
190	191.9	191.5	191.1	190.8	190.4	190.0	189.6	189.2	188.9	188.5	188.1	190
200	202.0	201.6	201.2	200.8	200.4	200.0	199.6	199.2	198.8	198.4	198.0	200
210	212.1	211.7	211.3	210.8	210.4	210.0	209.6	209.2	208.7	208.3	207.9	210
220	222.2	221.8	221.3	220.9	220.4	220.0	219.6	219.1	218.7	218.3	217.8	220
230	232.3	231.9	231.4	230.9	230.5	230.0	229.5	229.1	228.6	228.2	227.7	230
240	242.4	241.9	241.4	241.0	240.5	240.0	239.5	239.0	238.6	238.1	237.6	240
250	252.5	252.0	251.5	251.0	250.5	250.0	249.5	249.0	248.5	248.0	247.5	250
260	262.6	262.1	261.6	261.0	260.5	260.0	259.5	259.0	258.4	257.9	257.4	260
270	272.7	272.2	271.6	271.1	270.5	270.0	269.5	268.9	268.4	267.9	267.3	270
280	282.8	282.3	281.7	281.1	280.6	280.0	279.4	278.9	278.3	277.8	277.2	280
290	292.9	292.3	291.8	291.2	290.6	290.0	289.4	288.8	288.3	287.7	287.1	290
300	303.0	302.4	301.8	301.2	300.6	300.0	299.4	298.8	298.2	297.6	297.0	300

D	c = 0,5 ^m										D	
	k=99,0	k=99,2	k=99,4	k=99,6	k=99,8	k=100,0	k=100,2	k=100,4	k=100,6	k=100,8		k=101,0
10	9.6	9.6	9.6	9.5	9.5	9.5	9.5	9.5	9.4	9.4	9.4	10
20	19.7	19.7	19.6	19.6	19.5	19.5	19.5	19.4	19.4	19.3	19.3	20
30	29.8	29.7	29.7	29.6	29.6	29.5	29.4	29.4	29.3	29.3	29.2	30
40	39.9	39.8	39.7	39.7	39.6	39.5	39.4	39.3	39.3	39.2	39.1	40
50	50.0	49.9	49.8	49.7	49.6	49.5	49.4	49.3	49.2	49.1	49.0	50
60	60.1	60.0	59.9	59.7	59.6	59.5	59.4	59.3	59.1	59.0	58.9	60
70	70.2	70.1	69.9	69.8	69.6	69.5	69.4	69.2	69.1	68.9	68.8	70
80	80.3	80.1	80.0	79.8	79.7	79.5	79.3	79.2	79.0	78.9	78.7	80
90	90.4	90.2	90.0	89.9	89.7	89.5	89.3	89.1	89.0	88.8	88.6	90
100	100.5	100.3	100.1	99.9	99.7	99.5	99.3	99.1	98.9	98.7	98.5	100
110	110.6	110.4	110.2	109.9	109.7	109.5	109.3	109.1	108.8	108.6	108.4	110
120	120.7	120.5	120.2	120.0	119.7	119.5	119.3	119.0	118.8	118.6	118.3	120
130	130.8	130.5	130.3	130.0	129.8	129.5	129.2	129.0	128.7	128.5	128.2	130
140	140.9	140.6	140.3	140.1	139.8	139.5	139.2	138.9	138.7	138.4	138.1	140
150	151.0	150.7	150.4	150.1	149.8	149.5	149.2	148.9	148.6	148.3	148.0	150
160	161.1	160.8	160.5	160.1	159.8	159.5	159.2	158.9	158.5	158.2	157.9	160
170	171.2	170.9	170.5	170.2	169.8	169.5	169.2	168.8	168.5	168.2	167.8	170
180	181.3	180.9	180.6	180.2	179.9	179.5	179.1	178.8	178.4	178.1	177.7	180
190	191.4	191.0	190.6	190.3	189.9	189.5	189.1	188.7	188.4	188.0	187.6	190
200	201.5	201.1	200.7	200.3	199.9	199.5	199.1	198.7	198.3	197.9	197.5	200
210	211.6	211.2	210.8	210.3	209.9	209.5	209.1	208.7	208.3	207.8	207.4	210
220	221.7	221.3	220.8	220.4	219.9	219.5	219.1	218.6	218.2	217.8	217.3	220
230	231.8	231.4	230.9	230.4	230.0	229.5	229.0	228.6	228.1	227.7	227.2	230
240	241.9	241.4	240.9	240.5	240.0	239.5	239.0	238.5	238.1	237.6	237.1	240
250	252.0	251.5	251.0	250.5	250.0	249.5	249.0	248.5	248.0	247.5	247.0	250
260	262.1	261.6	261.1	260.5	260.0	259.5	259.0	258.5	258.0	257.4	256.9	260
270	272.2	271.7	271.1	270.6	270.0	269.5	269.0	268.4	267.9	267.4	266.8	270
280	282.3	281.8	281.2	280.6	280.1	279.5	278.9	278.4	277.8	277.3	276.7	280
290	292.4	291.8	291.2	290.7	290.1	289.5	288.9	288.3	287.8	287.2	286.6	290
300	302.5	301.9	301.3	300.7	300.1	299.5	298.9	298.3	297.7	297.1	296.5	300