Deutsche Glastechnische Gesellschaft e.V.

HVG-DGG
Service and Research in the Field of Glass

Standard Glass 1 of the DGG

Soda-Lime-Silica Glass

Table of contents

Standard Glass 1 of the DGG is a soda-lime-silica glass (close to flat glass in Europe around 1970). Available are results of round robin tests for these data:

- content of the main components,
- the viscosity between 500 and 1400°C,
- the transformation temperature and
- the thermal coefficient of elongation.

1. Composition (main components)

component	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	TiO_2	SO_3
fraction in mass %	71.72	1.23	0.191	0.137	0.436
standard deviation in mass %	0.1	0.02	0.009	0.007	0.014

component	CaO	MgO	Na_2O	K_2O
fraction in mass %	6.73	4.18	14.95	0.38
standard deviation in mass %	0.05	0.05	0.06	0.02

The chemical composition was determined in a round robin test of the subgroup "glass analysis" of the technical committee 1 of the DGG "physics and chemistry of glasses".

2. Viscosity-temperature behaviour of Standard Glass 1 of the DGG

Temperature in °C (ITPS68-68)	500	600	700	800	900
Viscosity in d Pa s	$1.02 \cdot 10^{15}$	$5.66 \cdot 10^{10}$	$9.88 \cdot 10^7$	$1.76 \cdot 10^6$	$1.12 \cdot 10^5$
Temperature in °C (ITPS-68)	**1000**	**1100**	**1200**	**1300**	**1400**
Viscosity in d Pa s	$1.49 \cdot 10^4$	$3.19 \cdot 10^3$	$9.32 \cdot 10^2$	$3.41 \cdot 10^2$	$1.48 \cdot 10^2$

The Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB) in Braunschweig carried out the viscosity measurements. [Meerlender, G.: Viskositäts-Temperaturverhalten des Standardglases I der DGG. Glastechn. Ber. 47 (1974) Nr. 1, S. 1-3.]

In 1974, the temperatures were measured based on IPTS-68. Today ITS-90 is used as temperature scale. The influence on the measured temperature is visible in annex 2.

The DGG commissioned the production of a soda-lime-silica glass of high purity and homogeneity as a standard material with a well-defined composition, thoroughly

degassed and annealed. The Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB), national metrology institute of the Federal Republic of Germany, investigated the viscosity-temperature behaviour and the usability of the glass as a viscosity standard.

The glass was investigated by rotational viscometry in Al_2O_3 or Pt/Rh cruicibles. The temperature homogeneity inside the viscometry furnace was controlled with 7 thermal sensors and worked with 4 independent precious metal heating circuits, as well as 3 additional heating circuits.

As a viscosity standard, the glass shows the following qualitive properties. No deviation from newton behaviour was observed. Continuous heating up to 500 to 650°C in 1000 h and from 650 to 750°C in 60 h showed no changes in viscosity (i.e., no devitrification or segregation).

Discontinuous heating of the glass in the range of 1000 to 1200°C in 40 h and within 1200 to 1300°C in 20 h and within 1300 to 1400°C in 15 h does not influence viscosity. The glass shows no degassing or disturbance due to evaporation. The alumina showed significant signs of corrosion above 1200°C. As a result, precise viscosity measurements in Al_2O_3 crucibles had to be interrupted to avoid the contact to oxide ceramic materials and the measurement was continued in a Pt/Rh crucible.

The V-T behaviour of Standard Glass 1 can be expressed with the Vogel-Fulcher-Tammann (VFT) equation with the following factors, with an average standard deviation of 0.96 K to IPTS-68:

$$x = -1.5835 + \frac{4331.63}{\vartheta - 247.639} \qquad (1)$$

(ϑ = temperature in °C and x = logarithm to the base of 10 of the dynamic viscosity in dPa s). The calculation is based on 68 measuring points at 31 temperatures. The measured viscosities are based on the equilibrium of the mechanical relaxation and the thermal structure (response time for example is 10 days by 10^{14} dPa s).

There is no difference between Standard Glass 1 and Standard Glass DGG X within an accuracy of 1.5 K.

Usually, for technical purpose, the accuracy of the VFT equation is sufficient. Due to the improvements when measuring the viscosity, and due to the qualification as viscosity standards, a correction function can be determined based on the systematic deviations.

As correction, the following function can be applied (the influence of changing over to ITS-90 is not considered):

$$x = a + \frac{b}{(\vartheta - c)} - \frac{b}{(\vartheta - c)^2} \cdot \sum_{i=1}^{5} \left(b_i \cdot \left(\frac{1000}{\vartheta + 273.15} \right)^{i-1} \right) \qquad (2)$$

Deutsche Glastechnische Gesellschaft e.V.

With

ϑ = temperature in °C (ITPS-68)	x = logarithm to the base of 10 of the dynamic viscosity in dPa s
a = -1.58350	b1 = 601.576
b = 4331.63	b2 = -2806.74
c = 247.639	b3 = 4811.33
	b4 = -3592.97
	b5 = 987.103

A simple adjustment is possible with figure 1.

The Standard Glass 1 of DGG for viscosity should be used as primary standards, i.e., to monitor internal standards. Since the glass standards of DGG are well defined materials with data of several properties, they may be interesting to describe the melt and vitreous state.
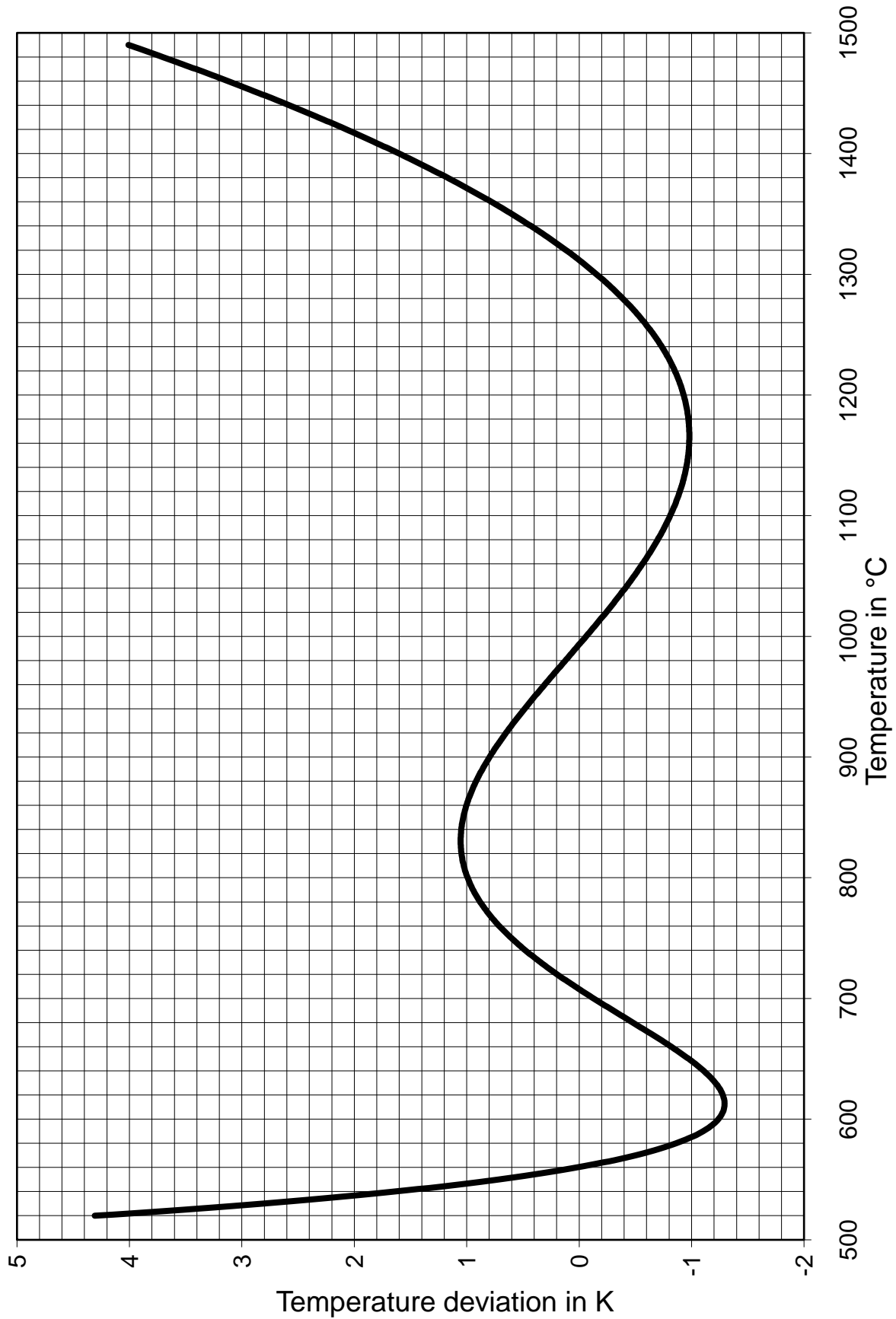
Figure 1: deviation between measured viscosity and the viscosity calculated with the VFT-equation for Standard Glass 1 of the DGG.

3. Transformation temperature

A round robin test was carried out to determine the transformation temperature t_g according to DIN 52324 (1984-02), executed by the German Working Group NMP 352 each with two samples of DGG Standard Glass 1.

Preparation of samples: annealed according to paragraph 5.2 of the normative text.

Participant	Sample 1	Sample 2
Laboratory A	536.5 °C	539.5 °C
Laboratory B	538.0 °C	540.5 °C
Laboratory C	539.0 °C	537.0 °C
Laboratory D	538.4 °C	537.7 °C
Laboratory E	535.0 °C	534.0 °C
Average	537.56 °C	
Standard deviation	2.00 °C	
Area of dispersal	6 K t_g within the 95% confidence interval: 537.5 ±1.5 °C (DIN 1319, part B, paragraph 5.3)	

Special treatment of sample 1 by laboratory E:

thermal treatment of the sample	transformation temperature in °C
conditions as delivered	540
Annealed according to DIN 5234, paragraph 5.2, (cooling with -2K/min)	535
Special fine cooling (-0.125 K/min)	547

Comment of PTB: The Standard Glass 1 of DGG is tempered to thoroughly, to function as a standard to determine t_g without a thermal (pre-)treatment of the sample.

4. Coefficient of thermal expansion

Results of a round robin test of the working group NMP 352 to determine the average coefficient of thermal linear expansion according to DIN 52328 (1983-05):

Participant	Temperature range $t_0 - t$	$\alpha\,(t_0, t)$
Laboratory B	20 – 300 °C	$9.00 \cdot 10^{-6}\ K^{-1}$
Laboratory C	20 – 300 °C	$9.10 \cdot 10^{-6}\ K^{-1}$
Laboratory D	20 – 300 °C	$8.96 \cdot 10^{-6}\ K^{-1}$
Laboratory E	20 – 300 °C	$9.10 \cdot 10^{-6}\ K^{-1}$
Average		$9.04 \cdot 10^{-6}\ K^{-1}$
Standard deviation		$0.07 \cdot 10^{-6}\ K^{-1}$
area of dispersal		$0.2 \cdot 10^{-6}\ K^{-1}$

Coefficient of thermal expansion (95% confidence interval):
α (20°C, 300°C): $(9.00 \pm 0.1) \cdot 10^{-6}\ K^{-1}$ according to DIN 1319, part 3, paragraph 5.3

Additional measurements by laboratory D:
α (20°C, 100°C): $8.24 \cdot 10^{-6}\ K^{-1}$
α (20°C, 200°C): $8.80 \cdot 10^{-6}\ K^{-1}$
α (20°C, 300°C): $8.96 \cdot 10^{-6}\ K^{-1}$
α (20°C, 400°C): $9.18 \cdot 10^{-6}\ K^{-1}$
α (20°C, 500°C): $9.45 \cdot 10^{-6}\ K^{-1}$

5. Annex 1: Sales information

Disks (80 mm · 50 mm · 10 mm) are delivered, weighing 98 to 100 g

Costs (January 2022): EUR 440.00 per disc + shipping costs

Purchase orders to:

Hüttentechnische Vereinigung der Deutschen Glasindustrie (HVG) e.V.,
Siemensstraße 45, D-63071 Offenbach am Main,
Tel.: +49(0)69-97 58 61-0, Fax: +49(0)69-97 58 61-99,
E-Mail: hvg@hvg-dgg.de

6. Annex 2: Use of different temperature scales
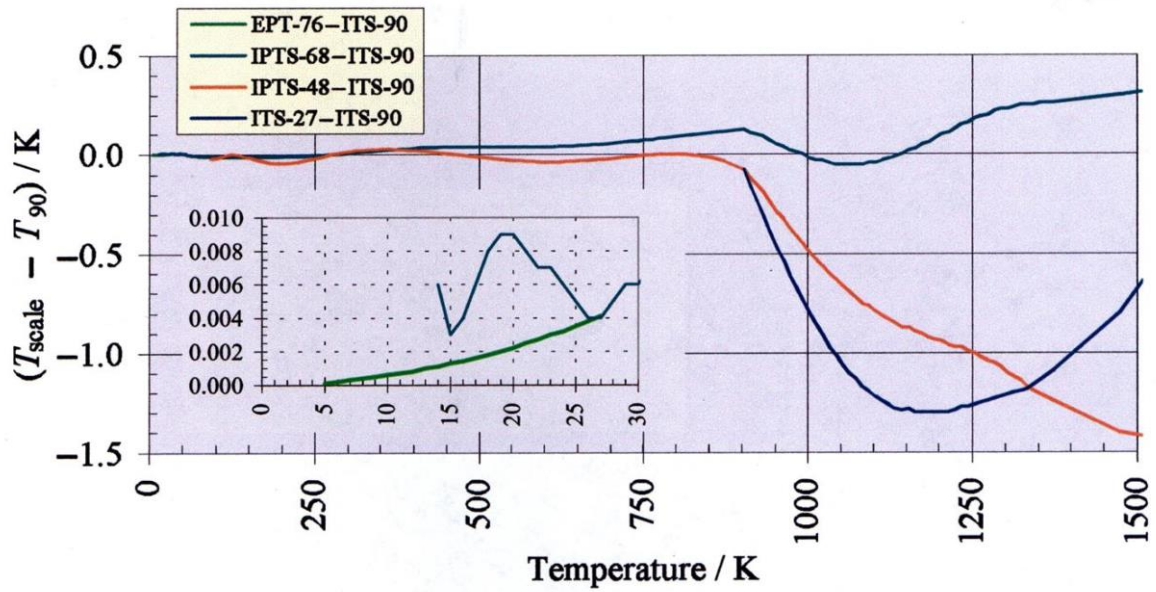
Fig. 1. The differences between ITS-90 and EPT-76, IPTS-68, IPTS-48, and ITS-27.

[Mangum, B. W. et al.: The Kelvin and temperature measurements. J. Res. Natl. Inst. Stand. Technol. 106(2001), 105-149]

7. Annex 3: for information: single measurements of additional properties

Property	Details/remarks	Standard Glass 1 of the DGG	Reference
Refractive index	n_D; 589.2 nm	1.5164	
		1.5170	Glass Science and Technology 75(2002)2, p. 94-102
Optical Transmission (10 mm)		91.2	
	at 1.15 µm	82.3	
Coefficient of thermal expansion		$92*10^{-7}$	
	20-300; DIN 52 328	$90.4*10^{-7}$	
	100-400°C	$104.4*10^{-7}$	Glass Science and Technology 75(2002)2, p. 94-102
	above t_g	$317.4*10^{-7}$	
density	g/cm-3	2.485	
		2.486	Glass Science and Technology 75(2002)2, p. 94-102
		2.487	Glastechnische Berichte Glass Science and Technology 67(1994)9, p. 241-254
Heat capacity: c_p	glass: cal/(g*grd); 20-100°C	0.204 {=0.854 J/(g K)}	
	of the melt, in J/(g K)	1.434	
Stress optical coefficient	in Brewster	2.79	Glass Science and Technology 75(2002)2, p. 94-102
Sound velocity	for longitudinal wave, 1100°C, 2 MHz: in m/s	3492	Glastechnische Berichte Glass Science and Technology 67(1994)9, p. 241-254
	Longitudinal, RT in m/s	5770	
	Transversal, RT in m/s	3435	

Deutsche Glastechnische Gesellschaft e.V.

Property	Details/remarks	Standard Glass 1 of the DGG	Reference
Sound absorption	1100°C, 2MHz in Np/m	808	
Modulus of elasticity	GPa	71.9	Glastechnische Berichte Glass Science and Technology 67(1994)9, p. 241-254
Shear modulus	GPa	29.3	
Compressive modulus	GPa	43.7	
Poisson ratio		0.226	

8. Annex 4: detailed Temperature – Viscosity behavior

Die angegebenen Viskositäten sind Gleichgewichtswerte, d.h.
Drehmoment und Meßtemperatur sind für eine Zeitdauer Δt
vor Beginn der Messung bereits eingestellt. Für die Zeit-
dauer Δt der Gleichgewichtseinstellung empfiehlt sich
die Beachtung folgender Richtwerte

bei 10^{12} dPa s (Poise) $\quad \Delta t = \quad 2$ h

bei 10^{13} dPa s (Poise) $\quad \Delta t = \quad 20$ h

bei 10^{14} dPa s (Poise) $\quad \Delta t = \quad 200$ h

Die Viskositäten vor Erreichen des Gleichgewichts sind kleiner,
wenn sich die Probe vorher auf höheren Temperaturen befunden hat.

Die Tabellenwerte ergeben sich aus der Beziehung

$$x = a + \frac{b}{\vartheta - c} - \frac{b}{(\vartheta - c)^2} \cdot \sum_{i=1}^{i=5} \left\{ b_i \cdot \left(\frac{1000}{\vartheta + 273,16} \right)^{(i-1)} \right\}$$

$a = -1,58350$ $\qquad$ $b = 4331,63$ $\qquad$ $c = 247,639$ $\qquad$ $\vartheta =$ Celsiustemperatur
(in IPTS-68)

$b_1 = 601,576$ $\qquad$ $b_2 = -2806,74$ $\qquad$ $b_3 = 4811,33$

$b_4 = -3592,97$ $\qquad$ $b_5 = 987,103$ $\qquad$ $x =$ dekad.Log d. Viskosität in dPa s (P)

0.1521E 05 bedeutet $0,1521 \cdot 10^5$

VISKOSITAETS-TEMPERATUR-TABELLE FUER STANDARD-GLAS DER DGG   V1/71   60 937 - 1

AUFGESTELLT AUS MESSUNGEN ZWISCHEN 1402.1 UND 539.8 GRAD CELSIUS BEI DER PTB

SCHRITTWEITE = 1 KELVIN   TEMPERATURSKALA = IPTS-68
ARGUMENT = CELSIUSTEMPERATUR   FUNKTION = DEKADISCHER LOGARITHMUS VON /ETA/
/ETA/ = BETRAG DER DYNAMISCHEN VISKOSITAET ETA IN DEZIPASCALSEKUNDEN (POISE)

AUSGLEICHUNG DER VOGEL-TAMMANN-FULCHER-GLEICHUNG (METHODE DER KLEINSTEN QUADRATE)
VERBLEIBENDE SYSTEMATISCHE ABWEICHUNGEN AUSGEGLICHEN DURCH EIN POLYNOM 5. ORDNUNG IN 1000/KELVINTEMPERATUR
(METHODE DER KLEINSTEN QUADRATE)

DIE UNSICHERHEIT BETRAEGT 1 K ABWEICHUNG VON DER IPTS-68   (gilt nicht für den extrapolierten Tabellenbereich)

°C	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
500	15.00690	14.96112	14.91447	14.86806	14.82173	14.77470	14.72790	14.68022	14.63423	14.58626
510	14.54022	14.49244	14.44514	14.39814	14.35096	14.30434	14.25754	14.21079	14.16321	14.11653
520	14.06948	14.02282	13.97535	13.92927	13.88263	13.83641	13.78952	13.74334	13.69678	13.65057
530	13.60453	13.55884	13.51291	13.46695	13.42154	13.37568	13.33017	13.28453	13.23982	13.19444
540	13.15036	13.10534	13.06081	13.01576	12.97207	12.92717	12.88376	12.83988	12.79589	12.75236
550	12.70899	12.66592	12.62241	12.57953	12.53668	12.49385	12.45155	12.40969	12.36717	12.32536
560	12.28320	12.24199	12.20040	12.15944	12.11773	12.07711	12.03609	11.99556	11.95511	11.91486
570	11.87486	11.83508	11.79535	11.75556	11.71612	11.67675	11.63795	11.59899	11.56025	11.52181
580	11.48366	11.44571	11.40756	11.36979	11.33162	11.29443	11.25714	11.22030	11.18278	11.14652
590	11.10968	11.07353	11.03666	11.00121	10.96513	10.92945	10.89357	10.85847	10.82319	10.78781
600	10.75329	10.71818	10.68364	10.64927	10.61535	10.58129	10.54738	10.51342	10.47994	10.44635
610	10.41320	10.38015	10.34716	10.31440	10.28176	10.24921	10.21725	10.18499	10.15279	10.12121
620	10.08960	10.05815	10.02668	9.99555	9.96434	9.93367	9.90280	9.87230	9.84189	9.81134
630	9.78123	9.75120	9.72145	9.69178	9.66216	9.63263	9.60365	9.57419	9.54537	9.51628
640	9.48770	9.45905	9.43091	9.40261	9.37446	9.34610	9.31826	9.29080	9.26310	9.23581
650	9.20808	9.18103	9.15381	9.12714	9.10007	9.07363	9.04676	9.02059	8.99408	8.96797
660	8.94186	8.91601	8.89014	8.86460	8.83891	8.81336	8.78828	8.76280	8.73812	8.71294
670	8.68822	8.66334	8.63911	8.61447	8.59023	8.56582	8.54178	8.51773	8.49384	8.47003
680	8.44627	8.42267	8.39902	8.37604	8.35255	8.32950	8.30654	8.28372	8.26078	8.23797
690	8.21557	8.19289	8.17065	8.14843	8.12600	8.10397	8.08180	8.06006	8.03819	8.01646
700	7.99502	7.97335	7.95210	7.93071	7.90958	7.88833	7.86740	7.84661	7.82577	7.80485
710	7.78447	7.76386	7.74329	7.72302	7.70264	7.68262	7.66234	7.64251	7.62247	7.60276
720	7.58289	7.56345	7.54375	7.52431	7.50487	7.48563	7.46624	7.44716	7.42814	7.40915
730	7.39026	7.37141	7.35274	7.33407	7.31552	7.29696	7.27860	7.26023	7.24196	7.22383
740	7.20573	7.18768	7.16972	7.15183	7.13401	7.11633	7.09865	7.08109	7.06360	7.04618
750	7.02880	7.01155	6.99428	6.97714	6.96010	6.94311	6.92617	6.90933	6.89253	6.87578
760	6.85913	6.84257	6.82605	6.80956	6.79317	6.77685	6.76064	6.74444	6.72834	6.71223
770	6.69624	6.68030	6.66445	6.64867	6.63291	6.61721	6.60158	6.58608	6.57053	6.55510
780	6.53973	6.52443	6.50919	6.49401	6.47887	6.46379	6.44877	6.43385	6.41891	6.40410
790	6.38932	6.37459	6.35990	6.34525	6.33071	6.31619	6.30178	6.28733	6.27305	6.25872
800	6.24450	6.23030	6.21619	6.20216	6.18810	6.17416	6.16026	6.14638	6.13256	6.11877
810	6.10511	6.09141	6.07779	6.06424	6.05072	6.03727	6.02385	6.01050	5.99718	5.98392
820	5.97071	5.95754	5.94441	5.93134	5.91832	5.90533	5.89240	5.87951	5.86668	5.85388
830	5.84112	5.82843	5.81577	5.80315	5.79058	5.77806	5.76557	5.75313	5.74074	5.72839
840	5.71607	5.70381	5.69158	5.67941	5.66727	5.65517	5.64312	5.63111	5.61913	5.60720
850	5.59531	5.58347	5.57166	5.55989	5.54815	5.53646	5.52482	5.51320	5.50164	5.49011
860	5.47860	5.46715	5.45573	5.44435	5.43301	5.42171	5.41044	5.39921	5.38802	5.37686
870	5.36575	5.35466	5.34361	5.33261	5.32163	5.31069	5.29979	5.28893	5.27809	5.26730
880	5.25653	5.24581	5.23511	5.22445	5.21383	5.20324	5.19269	5.18215	5.17167	5.16122
890	5.15079	5.14040	5.13005	5.11972	5.10943	5.09917	5.08894	5.07874	5.06853	5.05844
900	5.04834	5.03828	5.02824	5.01823	5.00825	4.99830	4.98839	4.97851	4.96865	4.95883
910	4.94903	4.93927	4.92953	4.91983	4.91015	4.90051	4.89089	4.88130	4.87174	4.86220
920	4.85270	4.84323	4.83379	4.82437	4.81498	4.80562	4.79628	4.78698	4.77770	4.76844
930	4.75922	4.75003	4.74085	4.73171	4.72260	4.71351	4.70444	4.69541	4.68639	4.67741
940	4.66845	4.65952	4.65061	4.64173	4.63287	4.62405	4.61524	4.60647	4.59771	4.58898
950	4.58028	4.57159	4.56294	4.55430	4.54570	4.53712	4.52856	4.52003	4.51151	4.50302
960	4.49457	4.48612	4.47771	4.46932	4.46095	4.45261	4.44428	4.43598	4.42771	4.41945
970	4.41122	4.40301	4.39482	4.38666	4.37852	4.37040	4.36230	4.35423	4.34619	4.33814
980	4.33014	4.32215	4.31418	4.30623	4.29831	4.29041	4.28253	4.27467	4.26683	4.25901
990	4.25121	4.24344	4.23569	4.22795	4.22024	4.21254	4.20486	4.19721	4.18958	4.18196

°C	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1000	4.17437	4.16680	4.15924	4.15171	4.14419	4.13670	4.12922	4.12176	4.11433	4.10691
1010	4.09951	4.09213	4.08477	4.07743	4.07010	4.06280	4.05552	4.04825	4.04100	4.03377
1020	4.02656	4.01937	4.01219	4.00503	3.99790	3.99077	3.98367	3.97659	3.96952	3.96247
1030	3.95544	3.94842	3.94142	3.93445	3.92749	3.92054	3.91361	3.90670	3.89981	3.89293
1040	3.98607	3.87924	3.87241	3.86560	3.85881	3.85203	3.84527	3.83853	3.83180	3.82509
1050	3.81840	3.81173	3.80507	3.79842	3.79179	3.78518	3.77858	3.77200	3.76544	3.75889
1060	3.75236	3.74584	3.73934	3.73285	3.72638	3.71992	3.71348	3.70706	3.70065	3.69425
1070	3.68787	3.68151	3.67516	3.66883	3.66251	3.65621	3.64991	3.64364	3.63738	3.63113
1080	3.62490	3.61868	3.61248	3.60629	3.60012	3.59396	3.58781	3.58169	3.57557	3.56947
1090	3.56338	3.55730	3.55125	3.54520	3.53917	3.53314	3.52714	3.52115	3.51517	3.50921
1100	3.50326	3.49732	3.49139	3.48549	3.47959	3.47370	3.46783	3.46198	3.45613	3.45030
1110	3.44448	3.43868	3.43289	3.42711	3.42134	3.41559	3.40985	3.40412	3.39841	3.39270
1120	3.38702	3.38134	3.37568	3.37002	3.36438	3.35876	3.35314	3.34754	3.34195	3.33637
1130	3.33080	3.32525	3.31971	3.31418	3.30866	3.30316	3.29767	3.29218	3.28672	3.28126
1140	3.27581	3.27038	3.26495	3.25954	3.25415	3.24876	3.24338	3.23802	3.23267	3.22732
1150	3.22199	3.21667	3.21137	3.20607	3.20079	3.19551	3.19025	3.18500	3.17976	3.17453
1160	3.16931	3.16411	3.15891	3.15372	3.14855	3.14339	3.13824	3.13309	3.12796	3.12284
1170	3.11773	3.11263	3.10755	3.10247	3.09740	3.09234	3.08730	3.08226	3.07724	3.07222
1180	3.06722	3.06222	3.05724	3.05226	3.04730	3.04235	3.03741	3.03247	3.02755	3.02264
1190	3.01773	3.01284	3.00796	3.00309	2.99822	2.99337	2.98852	2.98369	2.97886	2.97405
1200	2.96925	2.96446	2.95967	2.95490	2.95013	2.94537	2.94063	2.93589	2.93116	2.92644
1210	2.92173	2.91703	2.91235	2.90766	2.90299	2.89833	2.89368	2.88903	2.88440	2.87977
1220	2.87516	2.87055	2.86595	2.86136	2.85678	2.85221	2.84765	2.84310	2.83855	2.83402
1230	2.82949	2.82497	2.82046	2.81597	2.81147	2.80699	2.80252	2.79805	2.79360	2.78915
1240	2.78471	2.78028	2.77586	2.77144	2.76704	2.76264	2.75826	2.75387	2.74950	2.74514
1250	2.74079	2.73644	2.73210	2.72777	2.72345	2.71914	2.71483	2.71054	2.70625	2.70197
1260	2.69770	2.69343	2.68918	2.68493	2.68069	2.67646	2.67224	2.66802	2.66381	2.65961
1270	2.65542	2.65123	2.64706	2.64289	2.63873	2.63457	2.63043	2.62629	2.62216	2.61804
1280	2.61392	2.60982	2.60572	2.60163	2.59754	2.59347	2.58940	2.58534	2.58129	2.57724
1290	2.57320	2.56917	2.56514	2.56113	2.55712	2.55311	2.54912	2.54513	2.54115	2.53718
1300	2.53321	2.52926	2.52531	2.52136	2.51743	2.51349	2.50957	2.50566	2.50175	2.49785
1310	2.49395	2.49007	2.48619	2.48232	2.47845	2.47459	2.47074	2.46689	2.46306	2.45922
1320	2.45540	2.45158	2.44777	2.44397	2.44017	2.43638	2.43260	2.42882	2.42505	2.42129
1330	2.41753	2.41378	2.41004	2.40630	2.40257	2.39885	2.39513	2.39142	2.38772	2.38402
1340	2.38033	2.37664	2.37297	2.36929	2.36563	2.36197	2.35832	2.35467	2.35103	2.34740
1350	2.34377	2.34015	2.33654	2.33293	2.32933	2.32574	2.32215	2.31857	2.31499	2.31142
1360	2.30786	2.30430	2.30074	2.29720	2.29366	2.29013	2.28660	2.28308	2.27956	2.27605
1370	2.27255	2.26906	2.26556	2.26208	2.25860	2.25513	2.25166	2.24820	2.24475	2.24129
1380	2.23785	2.23442	2.23098	2.22756	2.22413	2.22072	2.21731	2.21391	2.21051	2.20712
1390	2.20374	2.20036	2.19698	2.19361	2.19025	2.18689	2.18354	2.18020	2.17686	2.17352
1400	2.17019	2.16687	2.16355	2.16024	2.15693	2.15363	2.15034	2.14705	2.14376	2.14048
1410	2.13721	2.13394	2.13068	2.12742	2.12417	2.12092	2.11768	2.11444	2.11121	2.10799
1420	2.10476	2.10155	2.09834	2.09514	2.09194	2.08875	2.08556	2.08237	2.07920	2.07602
1430	2.07286	2.06969	2.06654	2.06339	2.06024	2.05710	2.05396	2.05083	2.04770	2.04458
1440	2.04146	2.03835	2.03525	2.03214	2.02905	2.02596	2.02287	2.01979	2.01672	2.01364
1450	2.01058	2.00752	2.00446	2.00141	1.99836	1.99532	1.99228	1.98925	1.98623	1.98320
1460	1.98019	1.97717	1.97416	1.97116	1.96816	1.96517	1.96218	1.95920	1.95622	1.95325
1470	1.95028	1.94731	1.94435	1.94140	1.93845	1.93550	1.93256	1.92962	1.92669	1.92376
1480	1.92084	1.91792	1.91501	1.91210	1.90919	1.90629	1.90340	1.90051	1.89762	1.89474
1490	1.89186	1.88899	1.88612	1.88326	1.88040	1.87754	1.87469	1.87185	1.86900	1.86617

VISKOSITAETS-TEMPERATUR-TABELLE FUER STANDARD-GLAS DER DGG   V1/71   60 937 - 1

AUFGESTELLT AUS MESSUNGEN ZWISCHEN 1402.1 UND 539.8 GRAD CELSIUS BEI DER PTB

SCHRITTWEITE = 1 KELVIN   TEMPERATURSKALA = IPTS-68
ARGUMENT = CELSIUSTEMPERATUR   FUNKTION = DYNAMISCHE VISKOSITAET ETA
DARSTELLUNG VON ETA ALS GLEITKOMMA-ZAHL   ETA IN DEZIPASCALSEKUNDEN (POISE)

AUSGLEICHUNG DER VOGEL-TAMMANN-FULCHER-GLEICHUNG (METHODE DER KLEINSTEN QUADRATE)
VERBLEIBENDE SYSTEMATISCHE ABWEICHUNGEN AUSGEGLICHEN DURCH EIN POLYNOM 5. ORDNUNG IN 1000/KELVINTEMPERATUR
(METHODE DER KLEINSTEN QUADRATE)

DIE UNSICHERHEIT BETRAEGT 1 K ABWEICHUNG VON DER IPTS-68   (gilt nicht für den extrapolierten Tabellenbereich)

°C	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
500	0.1017E 16	0.9146E 15	0.8214E 15	0.7382E 15	0.6635E 15	0.5954E 15	0.5345E 15	0.4790E 15	0.4305E 15	0.3853E 15
510	0.3470E 15	0.3108E 15	0.2788E 15	0.2502E 15	0.2244E 15	0.2016E 15	0.1810E 15	0.1625E 15	0.1456E 15	0.1308E 15
520	0.1174E 15	0.1054E 15	0.9450E 14	0.8499E 14	0.7633E 14	0.6863E 14	0.6160E 14	0.5539E 14	0.4976E 14	0.4474E 14
530	0.4024E 14	0.3622E 14	0.3258E 14	0.2931E 14	0.2640E 14	0.2376E 14	0.2139E 14	0.1926E 14	0.1737E 14	0.1565E 14
540	0.1414E 14	0.1275E 14	0.1151E 14	0.1037E 14	0.9379E 13	0.8453E 13	0.7653E 13	0.6918E 13	0.6251E 13	0.5655E 13
550	0.5118E 13	0.4634E 13	0.4193E 13	0.3798E 13	0.3442E 13	0.3118E 13	0.2829E 13	0.2569E 13	0.2329E 13	0.2116E 13
560	0.1920E 13	0.1746E 13	0.1587E 13	0.1444E 13	0.1312E 13	0.1194E 13	0.1087E 13	0.9900E 12	0.9020E 12	0.8221E 12
570	0.7498E 12	0.6841E 12	0.6243E 12	0.5697E 12	0.5202E 12	0.4751E 12	0.4345E 12	0.3972E 12	0.3633E 12	0.3326E 12
580	0.3046E 12	0.2791E 12	0.2556E 12	0.2343E 12	0.2146E 12	0.1970E 12	0.1808E 12	0.1661E 12	0.1524E 12	0.1402E 12
590	0.1285E 12	0.1185E 12	0.1088E 12	0.1003E 12	0.9230E 11	0.8502E 11	0.7828E 11	0.7220E 11	0.6657E 11	0.6136E 11
600	0.5667E 11	0.5227E 11	0.4827E 11	0.4460E 11	0.4125E 11	0.3814E 11	0.3527E 11	0.3262E 11	0.3020E 11	0.2795E 11
610	0.2590E 11	0.2400E 11	0.2224E 11	0.2063E 11	0.1913E 11	0.1775E 11	0.1649E 11	0.1531E 11	0.1422E 11	0.1322E 11
620	0.1229E 11	0.1143E 11	0.1064E 11	0.9899E 10	0.9213E 10	0.8585E 10	0.7996E 10	0.7454E 10	0.6949E 10	0.6477E 10
630	0.6043E 10	0.5640E 10	0.5266E 10	0.4919E 10	0.4594E 10	0.4292E 10	0.4015E 10	0.3752E 10	0.3511E 10	0.3284E 10
640	0.3074E 10	0.2878E 10	0.2698E 10	0.2527E 10	0.2369E 10	0.2219E 10	0.2081E 10	0.1954E 10	0.1833E 10	0.1721E 10
650	0.1615E 10	0.1517E 10	0.1425E 10	0.1340E 10	0.1259E 10	0.1185E 10	0.1114E 10	0.1049E 10	0.9866E 09	0.9290E 09
660	0.8748E 09	0.8242E 09	0.7766E 09	0.7322E 09	0.6902E 09	0.6507E 09	0.6142E 09	0.5792E 09	0.5472E 09	0.5164E 09
670	0.4878E 09	0.4607E 09	0.4357E 09	0.4116E 09	0.3893E 09	0.3680E 09	0.3482E 09	0.3294E 09	0.3118E 09	0.2952E 09
680	0.2795E 09	0.2647E 09	0.2507E 09	0.2377E 09	0.2252E 09	0.2136E 09	0.2026E 09	0.1922E 09	0.1823E 09	0.1730E 09
690	0.1643E 09	0.1559E 09	0.1481E 09	0.1408E 09	0.1337E 09	0.1271E 09	0.1207E 09	0.1148E 09	0.1092E 09	0.1039E 09
700	0.9887E 08	0.9406E 08	0.8957E 08	0.8526E 08	0.8121E 08	0.7734E 08	0.7370E 08	0.7025E 08	0.6696E 08	0.6381E 08
710	0.6089E 08	0.5806E 08	0.5538E 08	0.5285E 08	0.5043E 08	0.4816E 08	0.4596E 08	0.4391E 08	0.4193E 08	0.4007E 08
720	0.3828E 08	0.3660E 08	0.3498E 08	0.3345E 08	0.3198E 08	0.3060E 08	0.2926E 08	0.2800E 08	0.2680E 08	0.2566E 08
730	0.2456E 08	0.2352E 08	0.2253E 08	0.2158E 08	0.2068E 08	0.1982E 08	0.1900E 08	0.1821E 08	0.1746E 08	0.1674E 08
740	0.1606E 08	0.1541E 08	0.1478E 08	0.1419E 08	0.1362E 08	0.1307E 08	0.1255E 08	0.1205E 08	0.1158E 08	0.1112E 08
750	0.1069E 08	0.1027E 08	0.9870E 07	0.9488E 07	0.9123E 07	0.8773E 07	0.8438E 07	0.8117E 07	0.7809E 07	0.7513E 07
760	0.7231E 07	0.6960E 07	0.6700E 07	0.6451E 07	0.6212E 07	0.5983E 07	0.5764E 07	0.5552E 07	0.5350E 07	0.5156E 07
770	0.4969E 07	0.4790E 07	0.4618E 07	0.4454E 07	0.4295E 07	0.4142E 07	0.3996E 07	0.3856E 07	0.3720E 07	0.3590E 07
780	0.3466E 07	0.3346E 07	0.3230E 07	0.3119E 07	0.3012E 07	0.2910E 07	0.2811E 07	0.2716E 07	0.2624E 07	0.2536E 07
790	0.2451E 07	0.2369E 07	0.2291E 07	0.2215E 07	0.2142E 07	0.2071E 07	0.2004E 07	0.1938E 07	0.1875E 07	0.1815E 07
800	0.1756E 07	0.1700E 07	0.1645E 07	0.1593E 07	0.1542E 07	0.1493E 07	0.1446E 07	0.1401E 07	0.1357E 07	0.1315E 07
810	0.1274E 07	0.1234E 07	0.1196E 07	0.1160E 07	0.1124E 07	0.1090E 07	0.1057E 07	0.1025E 07	0.9936E 06	0.9637E 06
820	0.9349E 06	0.9069E 06	0.8799E 06	0.8538E 06	0.8286E 06	0.8042E 06	0.7806E 06	0.7578E 06	0.7357E 06	0.7144E 06
830	0.6937E 06	0.6737E 06	0.6543E 06	0.6356E 06	0.6175E 06	0.5999E 06	0.5829E 06	0.5665E 06	0.5505E 06	0.5351E 06
840	0.5201E 06	0.5056E 06	0.4916E 06	0.4780E 06	0.4648E 06	0.4521E 06	0.4397E 06	0.4277E 06	0.4161E 06	0.4048E 06
850	0.3939E 06	0.3833E 06	0.3730E 06	0.3630E 06	0.3533E 06	0.3440E 06	0.3349E 06	0.3260E 06	0.3174E 06	0.3091E 06
860	0.3010E 06	0.2932E 06	0.2856E 06	0.2782E 06	0.2710E 06	0.2641E 06	0.2573E 06	0.2508E 06	0.2444E 06	0.2382E 06
870	0.2322E 06	0.2263E 06	0.2206E 06	0.2151E 06	0.2097E 06	0.2045E 06	0.1994E 06	0.1945E 06	0.1897E 06	0.1851E 06
880	0.1805E 06	0.1761E 06	0.1718E 06	0.1677E 06	0.1636E 06	0.1597E 06	0.1559E 06	0.1521E 06	0.1485E 06	0.1450E 06
890	0.1415E 06	0.1382E 06	0.1349E 06	0.1317E 06	0.1287E 06	0.1257E 06	0.1227E 06	0.1199E 06	0.1171E 06	0.1144E 06
900	0.1118E 06	0.1092E 06	0.1067E 06	0.1043E 06	0.1019E 06	0.9962E 05	0.9737E 05	0.9518E 05	0.9304E 05	0.9096E 05
910	0.8893E 05	0.8696E 05	0.8503E 05	0.8315E 05	0.8132E 05	0.7953E 05	0.7779E 05	0.7609E 05	0.7443E 05	0.7282E 05
920	0.7124E 05	0.6970E 05	0.6820E 05	0.6674E 05	0.6532E 05	0.6392E 05	0.6256E 05	0.6124E 05	0.5994E 05	0.5868E 05
930	0.5745E 05	0.5624E 05	0.5507E 05	0.5392E 05	0.5280E 05	0.5171E 05	0.5064E 05	0.4960E 05	0.4858E 05	0.4758E 05
940	0.4661E 05	0.4566E 05	0.4473E 05	0.4383E 05	0.4294E 05	0.4208E 05	0.4124E 05	0.4041E 05	0.3960E 05	0.3882E 05
950	0.3805E 05	0.3729E 05	0.3656E 05	0.3584E 05	0.3513E 05	0.3445E 05	0.3377E 05	0.3312E 05	0.3247E 05	0.3185E 05
960	0.3123E 05	0.3063E 05	0.3004E 05	0.2947E 05	0.2891E 05	0.2836E 05	0.2782E 05	0.2729E 05	0.2678E 05	0.2627E 05
970	0.2578E 05	0.2530E 05	0.2482E 05	0.2436E 05	0.2391E 05	0.2347E 05	0.2303E 05	0.2261E 05	0.2219E 05	0.2179E 05
980	0.2139E 05	0.2100E 05	0.2062E 05	0.2024E 05	0.1988E 05	0.1952E 05	0.1917E 05	0.1882E 05	0.1849E 05	0.1816E 05
990	0.1783E 05	0.1752E 05	0.1721E 05	0.1690E 05	0.1661E 05	0.1631E 05	0.1603E 05	0.1575E 05	0.1547E 05	0.1521E 05

°C	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1000	0.1494E 05	0.1468E 05	0.1443E 05	0.1418E 05	0.1394E 05	0.1370E 05	0.1347E 05	0.1324E 05	0.1301E 05	0.1279E 05
1010	0.1258E 05	0.1236E 05	0.1216E 05	0.1195E 05	0.1175E 05	0.1156E 05	0.1136E 05	0.1118E 05	0.1099E 05	0.1081E 05
1020	0.1063E 05	0.1046E 05	0.1029E 05	0.1012E 05	0.9952E 04	0.9790E 04	0.9632E 04	0.9476E 04	0.9323E 04	0.9173E 04
1030	0.9025E 04	0.8881E 04	0.8739E 04	0.8599E 04	0.8463E 04	0.8329E 04	0.8197E 04	0.8067E 04	0.7940E 04	0.7815E 04
1040	0.7693E 04	0.7573E 04	0.7455E 04	0.7339E 04	0.7225E 04	0.7113E 04	0.7003E 04	0.6895E 04	0.6789E 04	0.6685E 04
1050	0.6583E 04	0.6483E 04	0.6384E 04	0.6287E 04	0.6192E 04	0.6098E 04	0.6006E 04	0.5916E 04	0.5827E 04	0.5740E 04
1060	0.5654E 04	0.5570E 04	0.5487E 04	0.5406E 04	0.5326E 04	0.5247E 04	0.5170E 04	0.5094E 04	0.5020E 04	0.4946E 04
1070	0.4874E 04	0.4803E 04	0.4733E 04	0.4665E 04	0.4598E 04	0.4531E 04	0.4466E 04	0.4402E 04	0.4339E 04	0.4277E 04
1080	0.4216E 04	0.4156E 04	0.4097E 04	0.4039E 04	0.3982E 04	0.3926E 04	0.3871E 04	0.3817E 04	0.3763E 04	0.3711E 04
1090	0.3659E 04	0.3608E 04	0.3559E 04	0.3509E 04	0.3461E 04	0.3413E 04	0.3366E 04	0.3320E 04	0.3275E 04	0.3230E 04
1100	0.3186E 04	0.3143E 04	0.3100E 04	0.3058E 04	0.3017E 04	0.2977E 04	0.2937E 04	0.2897E 04	0.2859E 04	0.2820E 04
1110	0.2783E 04	0.2746E 04	0.2710E 04	0.2674E 04	0.2639E 04	0.2604E 04	0.2570E 04	0.2536E 04	0.2503E 04	0.2470E 04
1120	0.2438E 04	0.2406E 04	0.2375E 04	0.2344E 04	0.2314E 04	0.2284E 04	0.2255E 04	0.2226E 04	0.2198E 04	0.2170E 04
1130	0.2142E 04	0.2115E 04	0.2088E 04	0.2062E 04	0.2036E 04	0.2010E 04	0.1985E 04	0.1960E 04	0.1935E 04	0.1911E 04
1140	0.1887E 04	0.1864E 04	0.1841E 04	0.1818E 04	0.1795E 04	0.1773E 04	0.1751E 04	0.1730E 04	0.1709E 04	0.1688E 04
1150	0.1667E 04	0.1647E 04	0.1627E 04	0.1607E 04	0.1588E 04	0.1569E 04	0.1550E 04	0.1531E 04	0.1513E 04	0.1495E 04
1160	0.1477E 04	0.1459E 04	0.1442E 04	0.1425E 04	0.1408E 04	0.1391E 04	0.1375E 04	0.1359E 04	0.1343E 04	0.1327E 04
1170	0.1311E 04	0.1296E 04	0.1281E 04	0.1266E 04	0.1251E 04	0.1237E 04	0.1223E 04	0.1209E 04	0.1195E 04	0.1181E 04
1180	0.1167E 04	0.1154E 04	0.1141E 04	0.1128E 04	0.1115E 04	0.1102E 04	0.1090E 04	0.1078E 04	0.1066E 04	0.1054E 04
1190	0.1042E 04	0.1030E 04	0.1019E 04	0.1007E 04	0.9960E 03	0.9849E 03	0.9740E 03	0.9632E 03	0.9525E 03	0.9420E 03
1200	0.9317E 03	0.9215E 03	0.9114E 03	0.9014E 03	0.8916E 03	0.8818E 03	0.8723E 03	0.8628E 03	0.8535E 03	0.8442E 03
1210	0.8351E 03	0.8261E 03	0.8173E 03	0.8085E 03	0.7999E 03	0.7913E 03	0.7829E 03	0.7746E 03	0.7663E 03	0.7582E 03
1220	0.7502E 03	0.7423E 03	0.7345E 03	0.7267E 03	0.7191E 03	0.7116E 03	0.7042E 03	0.6968E 03	0.6896E 03	0.6824E 03
1230	0.6753E 03	0.6683E 03	0.6614E 03	0.6546E 03	0.6479E 03	0.6412E 03	0.6347E 03	0.6282E 03	0.6217E 03	0.6154E 03
1240	0.6092E 03	0.6030E 03	0.5969E 03	0.5908E 03	0.5849E 03	0.5790E 03	0.5732E 03	0.5674E 03	0.5617E 03	0.5561E 03
1250	0.5505E 03	0.5451E 03	0.5397E 03	0.5343E 03	0.5290E 03	0.5238E 03	0.5186E 03	0.5135E 03	0.5085E 03	0.5035E 03
1260	0.4986E 03	0.4937E 03	0.4889E 03	0.4841E 03	0.4794E 03	0.4748E 03	0.4702E 03	0.4656E 03	0.4611E 03	0.4567E 03
1270	0.4523E 03	0.4480E 03	0.4437E 03	0.4394E 03	0.4353E 03	0.4311E 03	0.4270E 03	0.4230E 03	0.4190E 03	0.4150E 03
1280	0.4111E 03	0.4072E 03	0.4034E 03	0.3996E 03	0.3959E 03	0.3922E 03	0.3885E 03	0.3849E 03	0.3813E 03	0.3778E 03
1290	0.3743E 03	0.3708E 03	0.3674E 03	0.3640E 03	0.3607E 03	0.3574E 03	0.3541E 03	0.3509E 03	0.3477E 03	0.3445E 03
1300	0.3414E 03	0.3383E 03	0.3352E 03	0.3322E 03	0.3292E 03	0.3262E 03	0.3233E 03	0.3204E 03	0.3175E 03	0.3147E 03
1310	0.3119E 03	0.3091E 03	0.3063E 03	0.3036E 03	0.3009E 03	0.2983E 03	0.2956E 03	0.2930E 03	0.2905E 03	0.2879E 03
1320	0.2854E 03	0.2829E 03	0.2804E 03	0.2780E 03	0.2755E 03	0.2731E 03	0.2708E 03	0.2684E 03	0.2661E 03	0.2638E 03
1330	0.2615E 03	0.2593E 03	0.2571E 03	0.2549E 03	0.2527E 03	0.2505E 03	0.2484E 03	0.2463E 03	0.2442E 03	0.2421E 03
1340	0.2401E 03	0.2380E 03	0.2360E 03	0.2341E 03	0.2321E 03	0.2301E 03	0.2282E 03	0.2263E 03	0.2244E 03	0.2225E 03
1350	0.2207E 03	0.2189E 03	0.2170E 03	0.2153E 03	0.2135E 03	0.2117E 03	0.2100E 03	0.2082E 03	0.2065E 03	0.2048E 03
1360	0.2032E 03	0.2015E 03	0.1999E 03	0.1983E 03	0.1966E 03	0.1950E 03	0.1935E 03	0.1919E 03	0.1904E 03	0.1888E 03
1370	0.1873E 03	0.1858E 03	0.1843E 03	0.1828E 03	0.1814E 03	0.1799E 03	0.1785E 03	0.1771E 03	0.1757E 03	0.1743E 03
1380	0.1729E 03	0.1716E 03	0.1702E 03	0.1689E 03	0.1676E 03	0.1662E 03	0.1649E 03	0.1637E 03	0.1624E 03	0.1611E 03
1390	0.1599E 03	0.1586E 03	0.1574E 03	0.1562E 03	0.1550E 03	0.1538E 03	0.1526E 03	0.1514E 03	0.1503E 03	0.1491E 03
1400	0.1480E 03	0.1469E 03	0.1457E 03	0.1446E 03	0.1435E 03	0.1424E 03	0.1414E 03	0.1403E 03	0.1392E 03	0.1382E 03
1410	0.1372E 03	0.1361E 03	0.1351E 03	0.1341E 03	0.1331E 03	0.1321E 03	0.1311E 03	0.1302E 03	0.1292E 03	0.1282E 03
1420	0.1273E 03	0.1263E 03	0.1254E 03	0.1245E 03	0.1236E 03	0.1227E 03	0.1218E 03	0.1209E 03	0.1200E 03	0.1191E 03
1430	0.1183E 03	0.1174E 03	0.1166E 03	0.1157E 03	0.1149E 03	0.1141E 03	0.1132E 03	0.1124E 03	0.1116E 03	0.1108E 03
1440	0.1100E 03	0.1092E 03	0.1085E 03	0.1077E 03	0.1069E 03	0.1062E 03	0.1054E 03	0.1047E 03	0.1039E 03	0.1032E 03
1450	0.1025E 03	0.1017E 03	0.1010E 03	0.1003E 03	0.9963E 02	0.9893E 02	0.9824E 02	0.9756E 02	0.9688E 02	0.9621E 02
1460	0.9554E 02	0.9488E 02	0.9423E 02	0.9358E 02	0.9293E 02	0.9230E 02	0.9166E 02	0.9104E 02	0.9041E 02	0.8980E 02
1470	0.8918E 02	0.8858E 02	0.8798E 02	0.8738E 02	0.8679E 02	0.8620E 02	0.8562E 02	0.8504E 02	0.8447E 02	0.8390E 02
1480	0.8334E 02	0.8278E 02	0.8223E 02	0.8168E 02	0.8113E 02	0.8059E 02	0.8006E 02	0.7953E 02	0.7900E 02	0.7848E 02
1490	0.7796E 02	0.7745E 02	0.7694E 02	0.7643E 02	0.7593E 02	0.7543E 02	0.7494E 02	0.7445E 02	0.7396E 02	0.7348E 02