

Standard Glass DGG X

Soda-Lime-Silica Glass

Table of contents

1. Composition	2
2. Viscosity-temperature behaviour of Standard Glass DGG X of the DGG	3
3. Annex 1: Sales information	6
4. Annex 2: Use of different temperature scales	7
5. Annex 3: for information: single measurements of additional properties of DGG X	8
6. Annex 4: detailed Temperature – Viscosity behavior	8

Standard Glass DGG X of the DGG is a soda-lime-silica glass (close to flat glass in 1975). Available are results of round robin tests for these data:

- content of the main components and trace components,
- the viscosity between 500 and 1400°C,

1. Composition

A round robin test was carried out by the subgroup “glass analysis” of the technical committee 1 “physics and chemistry of glass” of the DGG. 19 laboratories participated and used different methods for analysis (XRF, ICP-OES, AAS) after preparation and, if necessary, digesting the samples. An outlier analysis according Grubbs was executed for each element and the analysis data were adjusted. In minimum the results of 5 laboratories are used to determine the data of table 1. Exceptions are indicated by brackets.

Table 1: Analysis of the components of standard glass DGG X				
component	Fraction in mass %	Standard deviation of averages in mass %	Lower confidence interval (5% - both sides) in mass %	higher confidence interval (5% - both sides) in mass %
SiO ₂	71.4866	0.7539	71.3761	71.5970
Al ₂ O ₃	1.2085	0.0914	1.1948	1.2222
CaO	6.7807	0.3033	6.7395	6.8219
MgO	4.1372	0.2082	4.1067	4.1677
Na ₂ O	15.1225	0.5388	15.0332	15.2118
K ₂ O	0.3673	0.0678	0.3578	0.3767
Fe ₂ O ₃	0.1876	0.0283	0.1840	0.1913
SO ₃	0.4207	0.0429	0.4145	0.4269
TiO ₂	0.1329	0.0156	0.1308	0.1351
Cr ₂ O ₃	0.0007 07	0.0006 84	0.0005 65	0.0008 48
MnO	0.0083 0	0.0012 6	0.0080 6	0.0085 3
PbO	0.0011	0.0005	0.0010	0.0012
NiO	0.0006 20	0.0005 03	0.0004 83	0.0007 57
ZnO	0.0009 07	0.0002 38	0.0008 39	0.0009 74
BaO	0.0070	0.0028	0.0065	0.0076
ZrO ₂	0.0034 3	0.0006 9	0.0032 9	0.0035 7

Continuing Table 1: Analysis of the components of standard glass DGG X				
component	Fraction in mass %	Standard deviation of averages in mass %	Lower confidence interval (5% - both sides)	higher confidence interval (5% - both sides)
SrO	0.0023 8	0.0014 1	0.0020 2	0.0027 3
CuO	0.0094 8	0.0009 5	0.0090 5	0.0099 0
P ₂ O ₅	0.0084 2	0.0012 4	0.0079 9	0.0088 5
Cl	0.0322 1	0.0091 2	0.0300 4	0.0343 9
(F)	(0.0038 99)	(0.0050 01)	(0.0016 24)	(0.0061 73)

The test was conducted in 2016/17.

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

Temperature in °C	500	600	700	800	900
Viscosity in d Pa s	$2.20 \cdot 10^{15}$	$5.70 \cdot 10^{10}$	$9.60 \cdot 10^7$	$1.72 \cdot 10^6$	$1.10 \cdot 10^5$
Temperature in °C	1000	1100	1200	1300	1400
Viscosity in d Pa s	$1.47 \cdot 10^4$	$3.13 \cdot 10^3$	$9.17 \cdot 10^2$	$3.36 \cdot 10^2$	$1.46 \cdot 10^2$

The Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB) in Braunschweig carried out the viscosity measurements.

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 Al₂O₃ or Pt/Rh crucibles. 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 qualitative 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 Al₂O₃ 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 DGG X 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:

$$x = -1.56151 + \frac{4289.18}{\vartheta - 250.737} \quad (1)$$

(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. The measured viscosities are based on the equilibrium of the mechanical relaxation and the thermal structure (response time for example is 10 days by 10¹⁴ 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):

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

With

ϑ = temperature in °C (in IPTS-68)	x = logarithm to the base of 10 of the dynamic viscosity in dPa s
$a = -1.56151$	$b_1 = 527.909$
$b = 4289.18$	$b_2 = -2413.95$
$c = 250.737$	$b_3 = 4049.91$
	$b_4 = -2958.30$
	$b_5 = 794.906$

The Standard Glass DGG X 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.

3. Annex 1: Sales information

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

Costs (January 2022): EUR 225.00 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**

4. Annex 2: Use of different temperature scales

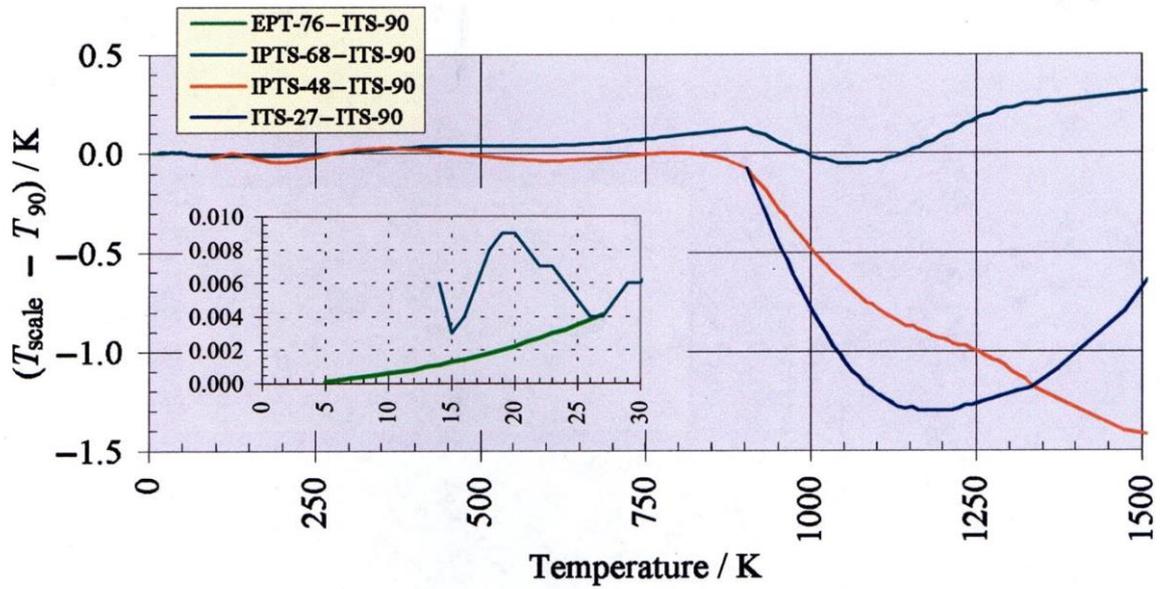


Fig. 1. The differences between ITS-90 and EPT-76, IPTS-68, ITS-48, and ITS-27.

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

5. Annex 3: for information: single measurements of additional properties of DGG X

Property	Details/remarks	Standard Glass DGG X	Reference
Refractive index	n_D : 589.2 nm	1.516800	
Optical Transmission	10 mm thickness	91.1	
	at 1.15 μm	82.4	

As Standard Glass 1 is more or less the same as Standard Glass DGG X, the property data of Standard Glass 1 can be used for orientation.

6. Annex 4: detailed Temperature – Viscosity behavior

60 937 - 2

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

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

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

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

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

$a = -1,56151$	$b = 4289,18$	$c = 250,737$	$\vartheta =$ Celsiustemperatur (in IPTS-68)
$b_1 = 527,909$	$b_2 = -2413,95$	$b_3 = 4049,91$	
$b_4 = -2958,30$	$b_5 = 794,906$	$x =$ dekad. Log d. Viskosität in dPa s (P)	

0.1496E 05 bedeutet $0,1496 \cdot 10^5$

VISKOSITAETS-TEMPERATUR-TABELLE FUER STANDARD-GLAS DER DGG V1/72 60 937 - 2

AUFGESTELLT AUS MESSUNGEN ZWISCHEN 1402,1 UND 518,7 GRAD CELSIUS BEI DER PTB

SCHRITTWEITE = 1 KELVIN
ARGUMENT = CELSIUSTEMPERATUR
/ETA/ = BETRAG DER DYNAMISCHEN VISKOSITAET

TEMPERATURSKALA = IPTS-68
FUNKTION = DEKADISCHER LOGARITHMUS VON /ETA/
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	15.34206	15.28698	15.23138	15.17596	15.12131	15.06610	15.01092	14.95592	14.90172	14.84659
510	14.79321	14.73871	14.68446	14.63051	14.57698	14.52368	14.47045	14.41787	14.36444	14.31195
520	14.25921	14.20725	14.15482	14.10284	14.05161	13.99991	13.94845	13.89759	13.84635	13.79579
530	13.74515	13.69522	13.64528	13.59497	13.54591	13.49606	13.44682	13.39771	13.34937	13.30084
540	13.25280	13.20505	13.15681	13.10896	13.06171	13.01419	12.96780	12.92091	12.87456	12.82797
550	12.78204	12.73658	12.69067	12.64536	12.60020	12.55512	12.51054	12.46612	12.42208	12.37763
560	12.33398	12.29048	12.24724	12.20405	12.16075	12.11851	12.07578	12.03368	11.99161	11.94973
570	11.90815	11.86682	11.82572	11.78457	11.74375	11.70319	11.66271	11.62293	11.58263	11.54316
580	11.50361	11.46443	11.42541	11.38652	11.34762	11.30927	11.27104	11.23325	11.19477	11.15757
590	11.11978	11.08254	11.04541	11.00852	10.97208	10.93548	10.89899	10.86311	10.82710	10.79137
600	10.75572	10.72028	10.68505	10.65022	10.61553	10.58098	10.54664	10.51214	10.47809	10.44417
610	10.41038	10.37713	10.34347	10.31031	10.27722	10.24431	10.21186	10.17919	10.14681	10.11470
620	10.08285	10.05097	10.01930	9.98784	9.95632	9.92547	9.89439	9.86347	9.83289	9.80191
630	9.77170	9.74149	9.71150	9.68185	9.65183	9.62223	9.59280	9.56341	9.53428	9.50521
640	9.47637	9.44755	9.41909	9.39082	9.36250	9.33418	9.30611	9.27859	9.25072	9.22328
650	9.19562	9.16833	9.14124	9.11429	9.08732	9.06059	9.03390	9.00759	8.98098	8.95479
660	8.92869	8.90276	8.87692	8.85129	8.82575	8.80004	8.77488	8.74962	8.72467	8.69957
670	8.67466	8.64992	8.62550	8.60100	8.57664	8.55227	8.52829	8.50415	8.48024	8.45659
680	8.43283	8.40936	8.38565	8.36261	8.33934	8.31607	8.29324	8.27026	8.24749	8.22466
690	8.20228	8.17968	8.15736	8.13523	8.11283	8.09091	8.06883	8.04708	8.02527	8.00354
700	7.98205	7.96043	7.93925	7.91805	7.89671	7.87573	7.85471	7.83404	7.81326	7.79237
710	7.77197	7.75135	7.73093	7.71078	7.69041	7.67046	7.65015	7.63033	7.61046	7.59066
720	7.57102	7.55141	7.53189	7.51234	7.49306	7.47384	7.45458	7.43555	7.41653	7.39761
730	7.37876	7.36000	7.34133	7.32271	7.30420	7.28575	7.26740	7.24911	7.23091	7.21278
740	7.19472	7.17675	7.15885	7.14103	7.12328	7.10560	7.08800	7.07048	7.05303	7.03566
750	7.01834	7.00111	6.98394	6.96686	6.94983	6.93288	6.91599	6.89918	6.88243	6.86576
760	6.84915	6.83261	6.81613	6.79973	6.78339	6.76711	6.75092	6.73477	6.71870	6.70266
770	6.68672	6.67083	6.65501	6.63925	6.62355	6.60792	6.59234	6.57682	6.56137	6.54598
780	6.53065	6.51537	6.50017	6.48501	6.46992	6.45488	6.43991	6.42498	6.41012	6.39531
790	6.38057	6.36587	6.35123	6.33665	6.32213	6.30766	6.29325	6.27888	6.26457	6.25032
800	6.23611	6.22197	6.20788	6.19384	6.17986	6.16592	6.15204	6.13820	6.12441	6.11068
810	6.09700	6.08337	6.06979	6.05626	6.04278	6.02934	6.01596	6.00262	5.98934	5.97610
820	5.96290	5.94977	5.93666	5.92361	5.91062	5.89766	5.88475	5.87188	5.85906	5.84628
830	5.83355	5.82088	5.80823	5.79564	5.78309	5.77059	5.75813	5.74570	5.73333	5.72099
840	5.70870	5.69645	5.68425	5.67209	5.65996	5.64788	5.63584	5.62385	5.61189	5.59997
850	5.58810	5.57626	5.56447	5.55271	5.54099	5.52932	5.51768	5.50608	5.49453	5.48300
860	5.47152	5.46008	5.44867	5.43730	5.42597	5.41468	5.40342	5.39220	5.38102	5.36987
870	5.35877	5.34769	5.33665	5.32565	5.31469	5.30375	5.29286	5.28201	5.27118	5.26039
880	5.24963	5.23892	5.22823	5.21757	5.20696	5.19637	5.18582	5.17530	5.16482	5.15438
890	5.14395	5.13357	5.12321	5.11289	5.10260	5.09235	5.08213	5.07193	5.06177	5.05164
900	5.04154	5.03148	5.02144	5.01144	5.00146	4.99152	4.98161	4.97172	4.96187	4.95205
910	4.94225	4.93249	4.92276	4.91305	4.90338	4.89374	4.88411	4.87453	4.86498	4.85544
920	4.84594	4.83646	4.82702	4.81760	4.80821	4.79885	4.78951	4.78021	4.77093	4.76168
930	4.75245	4.74325	4.73408	4.72494	4.71583	4.70673	4.69766	4.68863	4.67962	4.67063
940	4.66167	4.65273	4.64383	4.63494	4.62608	4.61725	4.60845	4.59967	4.59091	4.58218
950	4.57347	4.56478	4.55613	4.54749	4.53889	4.53030	4.52174	4.51320	4.50469	4.49620
960	4.48773	4.47929	4.47087	4.46247	4.45411	4.44575	4.43743	4.42912	4.42085	4.41259
970	4.40436	4.39614	4.38795	4.37978	4.37164	4.36352	4.35542	4.34734	4.33928	4.33124
980	4.32323	4.31525	4.30727	4.29932	4.29139	4.28349	4.27560	4.26774	4.25990	4.25207
990	4.24428	4.23650	4.22873	4.22100	4.21328	4.20558	4.19790	4.19024	4.18261	4.17499

$\log C$	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1000	4.16739	4.15981	4.15225	4.14472	4.13720	4.12970	4.12222	4.11476	4.10732	4.09989
1010	4.09249	4.08511	4.07774	4.07039	4.06307	4.05576	4.04848	4.04120	4.03395	4.02672
1020	4.01950	4.01231	4.00513	3.99796	3.99082	3.98370	3.97659	3.96950	3.96243	3.95538
1030	3.94834	3.94132	3.93432	3.92734	3.92038	3.91343	3.90650	3.89958	3.89269	3.88581
1040	3.87894	3.87210	3.86527	3.85846	3.85166	3.84489	3.83813	3.83138	3.82465	3.81794
1050	3.81124	3.80456	3.79790	3.79125	3.78462	3.77800	3.77140	3.76482	3.75826	3.75170
1060	3.74517	3.73865	3.73214	3.72565	3.71918	3.71272	3.70628	3.69985	3.69344	3.68704
1070	3.68066	3.67430	3.66794	3.66160	3.65529	3.64898	3.64268	3.63641	3.63015	3.62390
1080	3.61767	3.61145	3.60525	3.59906	3.59288	3.58672	3.58057	3.57444	3.56833	3.56222
1090	3.55613	3.55005	3.54400	3.53795	3.53191	3.52589	3.51989	3.51389	3.50792	3.50195
1100	3.49600	3.49006	3.48414	3.47823	3.47233	3.46644	3.46058	3.45472	3.44888	3.44304
1110	3.43722	3.43142	3.42563	3.41985	3.41409	3.40833	3.40259	3.39686	3.39115	3.38545
1120	3.37976	3.37408	3.36842	3.36277	3.35713	3.35150	3.34589	3.34029	3.33470	3.32912
1130	3.32356	3.31800	3.31247	3.30694	3.30142	3.29592	3.29043	3.28494	3.27948	3.27402
1140	3.26858	3.26314	3.25772	3.25231	3.24692	3.24153	3.23616	3.23080	3.22545	3.22011
1150	3.21478	3.20946	3.20416	3.19886	3.19358	3.18831	3.18305	3.17780	3.17257	3.16734
1160	3.16212	3.15692	3.15173	3.14654	3.14137	3.13621	3.13107	3.12593	3.12080	3.11568
1170	3.11057	3.10548	3.10040	3.09532	3.09026	3.08521	3.08016	3.07513	3.07011	3.06510
1180	3.06010	3.05511	3.05013	3.04516	3.04020	3.03525	3.03031	3.02538	3.02046	3.01556
1190	3.01066	3.00577	3.00089	2.99602	2.99116	2.98632	2.98148	2.97665	2.97183	2.96702
1200	2.96222	2.95743	2.95265	2.94788	2.94312	2.93837	2.93363	2.92890	2.92418	2.91946
1210	2.91476	2.91006	2.90538	2.90071	2.89604	2.89139	2.88674	2.88210	2.87747	2.87285
1220	2.86825	2.86364	2.85905	2.85447	2.84990	2.84533	2.84078	2.83623	2.83169	2.82716
1230	2.82265	2.81814	2.81363	2.80914	2.80466	2.80018	2.79571	2.79126	2.78681	2.78237
1240	2.77793	2.77351	2.76910	2.76469	2.76029	2.75590	2.75153	2.74715	2.74279	2.73844
1250	2.73409	2.72975	2.72542	2.72110	2.71679	2.71248	2.70819	2.70390	2.69962	2.69534
1260	2.69108	2.68682	2.68258	2.67834	2.67411	2.66988	2.66567	2.66146	2.65726	2.65307
1270	2.64889	2.64471	2.64054	2.63638	2.63223	2.62809	2.62395	2.61982	2.61571	2.61159
1280	2.60749	2.60339	2.59930	2.59522	2.59114	2.58707	2.58302	2.57897	2.57492	2.57088
1290	2.56685	2.56283	2.55882	2.55481	2.55081	2.54682	2.54283	2.53886	2.53489	2.53093
1300	2.52697	2.52302	2.51908	2.51515	2.51122	2.50730	2.50339	2.49949	2.49559	2.49170
1310	2.48782	2.48394	2.48007	2.47621	2.47235	2.46850	2.46466	2.46083	2.45700	2.45318
1320	2.44937	2.44556	2.44176	2.43797	2.43418	2.43041	2.42663	2.42287	2.41911	2.41536
1330	2.41161	2.40787	2.40414	2.40042	2.39670	2.39299	2.38928	2.38558	2.38189	2.37820
1340	2.37452	2.37085	2.36719	2.36353	2.35987	2.35623	2.35259	2.34896	2.34533	2.34171
1350	2.33809	2.33449	2.33088	2.32729	2.32370	2.32012	2.31654	2.31297	2.30941	2.30585
1360	2.30230	2.29875	2.29521	2.29168	2.28815	2.28463	2.28112	2.27761	2.27411	2.27061
1370	2.26712	2.26364	2.26016	2.25669	2.25322	2.24976	2.24630	2.24286	2.23942	2.23598
1380	2.23255	2.22912	2.22571	2.22229	2.21889	2.21549	2.21209	2.20870	2.20532	2.20194
1390	2.19856	2.19520	2.19184	2.18848	2.18513	2.18179	2.17845	2.17512	2.17179	2.16847
1400	2.16516	2.16185	2.15855	2.15525	2.15195	2.14867	2.14538	2.14211	2.13884	2.13557
1410	2.13231	2.12906	2.12581	2.12256	2.11932	2.11609	2.11287	2.10964	2.10643	2.10322
1420	2.10001	2.09681	2.09361	2.09042	2.08724	2.08406	2.08089	2.07772	2.07455	2.07139
1430	2.06824	2.06509	2.06195	2.05882	2.05568	2.05256	2.04943	2.04632	2.04320	2.04010
1440	2.03700	2.03390	2.03081	2.02772	2.02464	2.02156	2.01849	2.01542	2.01236	2.00931
1450	2.00626	2.00321	2.00017	1.99713	1.99410	1.99108	1.98805	1.98504	1.98202	1.97902
1460	1.97601	1.97302	1.97002	1.96704	1.96405	1.96108	1.95810	1.95513	1.95217	1.94921
1470	1.94626	1.94331	1.94036	1.93742	1.93449	1.93155	1.92863	1.92571	1.92279	1.91988
1480	1.91697	1.91407	1.91117	1.90828	1.90539	1.90250	1.89962	1.89675	1.89388	1.89101
1490	1.88815	1.88529	1.88244	1.87959	1.87674	1.87391	1.87107	1.86824	1.86541	1.86259

VISKOSITAETS-TEMPERATUR-TABELLE FUER STANDARD-GLAS DER DGG V1/72 60 937 - 2

AUFGESTELLT AUS MESSUNGEN ZWISCHEN 1402,1 UND 512,7 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)

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
500	0.2200E 16	0.1937E 16	0.1704E 16	0.1500E 16	0.1323E 16	0.1165E 16	0.1026E 16	0.9037E 15	0.7977E 15	0.7026E 15
510	0.6213E 15	0.5480E 15	0.4837E 15	0.4272E 15	0.3776E 15	0.3340E 15	0.2955E 15	0.2618E 15	0.2315E 15	0.2051E 15
520	0.1817E 15	0.1612E 15	0.1429E 15	0.1267E 15	0.1125E 15	0.1000E 15	0.8883E 14	0.7901E 14	0.7022E 14	0.6250E 14
530	0.5562E 14	0.4958E 14	0.4419E 14	0.3936E 14	0.3516E 14	0.3134E 14	0.2798E 14	0.2499E 14	0.2236E 14	0.2000E 14
540	0.1790E 14	0.1604E 14	0.1435E 14	0.1285E 14	0.1153E 14	0.1033E 14	0.9287E 13	0.8337E 13	0.7493E 13	0.6731E 13
550	0.6055E 13	0.5453E 13	0.4906E 13	0.4420E 13	0.3984E 13	0.3591E 13	0.3241E 13	0.2925E 13	0.2643E 13	0.2386E 13
560	0.2158E 13	0.1952E 13	0.1767E 13	0.1600E 13	0.1448E 13	0.1314E 13	0.1191E 13	0.1081E 13	0.9810E 12	0.8908E 12
570	0.8095E 12	0.7360E 12	0.6696E 12	0.6090E 12	0.5544E 12	0.5050E 12	0.4600E 12	0.4198E 12	0.3826E 12	0.3493E 12
580	0.3189E 12	0.2914E 12	0.2664E 12	0.2436E 12	0.2227E 12	0.2039E 12	0.1867E 12	0.1711E 12	0.1566E 12	0.1438E 12
590	0.1318E 12	0.1210E 12	0.1110E 12	0.1020E 12	0.9379E 11	0.8621E 11	0.7926E 11	0.7298E 11	0.6717E 11	0.6186E 11
600	0.5699E 11	0.5252E 11	0.4843E 11	0.4470E 11	0.4127E 11	0.3811E 11	0.3521E 11	0.3252E 11	0.3007E 11	0.2781E 11
610	0.2573E 11	0.2383E 11	0.2206E 11	0.2044E 11	0.1894E 11	0.1755E 11	0.1629E 11	0.1511E 11	0.1402E 11	0.1302E 11
620	0.1210E 11	0.1125E 11	0.1046E 11	0.9725E 10	0.9045E 10	0.8424E 10	0.7842E 10	0.7303E 10	0.6807E 10	0.6338E 10
630	0.5912E 10	0.5515E 10	0.5147E 10	0.4807E 10	0.4486E 10	0.4191E 10	0.3916E 10	0.3660E 10	0.3422E 10	0.3201E 10
640	0.2995E 10	0.2803E 10	0.2625E 10	0.2460E 10	0.2304E 10	0.2159E 10	0.2024E 10	0.1900E 10	0.1781E 10	0.1672E 10
650	0.1569E 10	0.1474E 10	0.1384E 10	0.1301E 10	0.1223E 10	0.1150E 10	0.1081E 10	0.1018E 10	0.9573E 09	0.9012E 09
660	0.8487E 09	0.7995E 09	0.7533E 09	0.7101E 09	0.6696E 09	0.6311E 09	0.5956E 09	0.5619E 09	0.5306E 09	0.5008E 09
670	0.4728E 09	0.4467E 09	0.4222E 09	0.3991E 09	0.3773E 09	0.3567E 09	0.3375E 09	0.3193E 09	0.3022E 09	0.2862E 09
680	0.2709E 09	0.2567E 09	0.2431E 09	0.2305E 09	0.2185E 09	0.2071E 09	0.1965E 09	0.1863E 09	0.1768E 09	0.1678E 09
690	0.1593E 09	0.1513E 09	0.1437E 09	0.1365E 09	0.1297E 09	0.1233E 09	0.1172E 09	0.1115E 09	0.1060E 09	0.1008E 09
700	0.9596E 08	0.9130E 08	0.8696E 08	0.8281E 08	0.7884E 08	0.7512E 08	0.7158E 08	0.6825E 08	0.6506E 08	0.6200E 08
710	0.5916E 08	0.5642E 08	0.5382E 08	0.5138E 08	0.4903E 08	0.4683E 08	0.4469E 08	0.4269E 08	0.4078E 08	0.3897E 08
720	0.3725E 08	0.3560E 08	0.3404E 08	0.3254E 08	0.3112E 08	0.2978E 08	0.2849E 08	0.2726E 08	0.2610E 08	0.2498E 08
730	0.2392E 08	0.2291E 08	0.2195E 08	0.2103E 08	0.2015E 08	0.1931E 08	0.1851E 08	0.1775E 08	0.1702E 08	0.1632E 08
740	0.1566E 08	0.1502E 08	0.1442E 08	0.1384E 08	0.1328E 08	0.1275E 08	0.1225E 08	0.1176E 08	0.1130E 08	0.1086E 08
750	0.1043E 08	0.1003E 08	0.9638E 07	0.9266E 07	0.8910E 07	0.8569E 07	0.8242E 07	0.7929E 07	0.7629E 07	0.7342E 07
760	0.7000E 07	0.6802E 07	0.6549E 07	0.6306E 07	0.6073E 07	0.5850E 07	0.5636E 07	0.5430E 07	0.5233E 07	0.5043E 07
770	0.4861E 07	0.4687E 07	0.4519E 07	0.4358E 07	0.4203E 07	0.4055E 07	0.3912E 07	0.3774E 07	0.3643E 07	0.3516E 07
780	0.3394E 07	0.3277E 07	0.3164E 07	0.3055E 07	0.2951E 07	0.2851E 07	0.2754E 07	0.2661E 07	0.2571E 07	0.2485E 07
790	0.2402E 07	0.2322E 07	0.2245E 07	0.2171E 07	0.2100E 07	0.2031E 07	0.1965E 07	0.1901E 07	0.1839E 07	0.1780E 07
800	0.1724E 07	0.1667E 07	0.1614E 07	0.1563E 07	0.1513E 07	0.1465E 07	0.1419E 07	0.1375E 07	0.1332E 07	0.1290E 07
810	0.1250E 07	0.1212E 07	0.1174E 07	0.1138E 07	0.1104E 07	0.1070E 07	0.1038E 07	0.1006E 07	0.9758E 06	0.9465E 06
820	0.9182E 06	0.8908E 06	0.8644E 06	0.8388E 06	0.8141E 06	0.7901E 06	0.7670E 06	0.7446E 06	0.7229E 06	0.7020E 06
830	0.6817E 06	0.6621E 06	0.6431E 06	0.6247E 06	0.6069E 06	0.5897E 06	0.5730E 06	0.5568E 06	0.5412E 06	0.5261E 06
840	0.5114E 06	0.4972E 06	0.4834E 06	0.4700E 06	0.4571E 06	0.4445E 06	0.4324E 06	0.4206E 06	0.4092E 06	0.3981E 06
850	0.3874E 06	0.3770E 06	0.3669E 06	0.3571E 06	0.3476E 06	0.3383E 06	0.3294E 06	0.3207E 06	0.3123E 06	0.3041E 06
860	0.2962E 06	0.2885E 06	0.2810E 06	0.2737E 06	0.2667E 06	0.2598E 06	0.2532E 06	0.2467E 06	0.2405E 06	0.2344E 06
870	0.2285E 06	0.2227E 06	0.2171E 06	0.2117E 06	0.2064E 06	0.2013E 06	0.1963E 06	0.1914E 06	0.1867E 06	0.1821E 06
880	0.1777E 06	0.1734E 06	0.1691E 06	0.1650E 06	0.1611E 06	0.1572E 06	0.1534E 06	0.1497E 06	0.1462E 06	0.1427E 06
890	0.1393E 06	0.1360E 06	0.1328E 06	0.1297E 06	0.1267E 06	0.1237E 06	0.1208E 06	0.1180E 06	0.1153E 06	0.1126E 06
900	0.1100E 06	0.1075E 06	0.1051E 06	0.1027E 06	0.1003E 06	0.9807E 05	0.9586E 05	0.9370E 05	0.9160E 05	0.8955E 05
910	0.8756E 05	0.8561E 05	0.8371E 05	0.8186E 05	0.8006E 05	0.7830E 05	0.7658E 05	0.7491E 05	0.7328E 05	0.7169E 05
920	0.7014E 05	0.6863E 05	0.6715E 05	0.6571E 05	0.6430E 05	0.6293E 05	0.6159E 05	0.6029E 05	0.5902E 05	0.5777E 05
930	0.5656E 05	0.5537E 05	0.5421E 05	0.5308E 05	0.5198E 05	0.5091E 05	0.4985E 05	0.4883E 05	0.4782E 05	0.4685E 05
940	0.4589E 05	0.4495E 05	0.4404E 05	0.4315E 05	0.4228E 05	0.4143E 05	0.4060E 05	0.3978E 05	0.3899E 05	0.3821E 05
950	0.3745E 05	0.3671E 05	0.3599E 05	0.3528E 05	0.3459E 05	0.3391E 05	0.3325E 05	0.3260E 05	0.3197E 05	0.3135E 05
960	0.3074E 05	0.3015E 05	0.2957E 05	0.2901E 05	0.2845E 05	0.2791E 05	0.2738E 05	0.2686E 05	0.2636E 05	0.2586E 05
970	0.2537E 05	0.2490E 05	0.2443E 05	0.2398E 05	0.2353E 05	0.2310E 05	0.2267E 05	0.2225E 05	0.2184E 05	0.2144E 05
980	0.2105E 05	0.2067E 05	0.2029E 05	0.1992E 05	0.1956E 05	0.1921E 05	0.1886E 05	0.1853E 05	0.1819E 05	0.1787E 05
990	0.1755E 05	0.1724E 05	0.1693E 05	0.1664E 05	0.1634E 05	0.1605E 05	0.1577E 05	0.1550E 05	0.1523E 05	0.1496E 05

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
1000	0.1470E 05	0.1445E 05	0.1420E 05	0.1396E 05	0.1372E 05	0.1348E 05	0.1325E 05	0.1303E 05	0.1280E 05	0.1259E 05
1010	0.1237E 05	0.1217E 05	0.1196E 05	0.1176E 05	0.1156E 05	0.1137E 05	0.1118E 05	0.1100E 05	0.1081E 05	0.1064E 05
1020	0.1046E 05	0.1029E 05	0.1012E 05	0.9954E 04	0.9791E 04	0.9632E 04	0.9476E 04	0.9322E 04	0.9172E 04	0.9024E 04
1030	0.8879E 04	0.8737E 04	0.8597E 04	0.8460E 04	0.8325E 04	0.8193E 04	0.8064E 04	0.7936E 04	0.7811E 04	0.7688E 04
1040	0.7568E 04	0.7449E 04	0.7333E 04	0.7219E 04	0.7107E 04	0.6997E 04	0.6889E 04	0.6783E 04	0.6678E 04	0.6576E 04
1050	0.6475E 04	0.6377E 04	0.6279E 04	0.6184E 04	0.6090E 04	0.5998E 04	0.5908E 04	0.5819E 04	0.5732E 04	0.5646E 04
1060	0.5562E 04	0.5479E 04	0.5397E 04	0.5317E 04	0.5238E 04	0.5161E 04	0.5085E 04	0.5010E 04	0.4937E 04	0.4865E 04
1070	0.4794E 04	0.4724E 04	0.4656E 04	0.4588E 04	0.4522E 04	0.4457E 04	0.4392E 04	0.4329E 04	0.4267E 04	0.4207E 04
1080	0.4147E 04	0.4088E 04	0.4030E 04	0.3973E 04	0.3917E 04	0.3861E 04	0.3807E 04	0.3754E 04	0.3701E 04	0.3650E 04
1090	0.3599E 04	0.3549E 04	0.3500E 04	0.3451E 04	0.3404E 04	0.3357E 04	0.3311E 04	0.3265E 04	0.3221E 04	0.3177E 04
1100	0.3133E 04	0.3091E 04	0.3049E 04	0.3008E 04	0.2967E 04	0.2927E 04	0.2888E 04	0.2849E 04	0.2811E 04	0.2774E 04
1110	0.2737E 04	0.2700E 04	0.2665E 04	0.2629E 04	0.2595E 04	0.2561E 04	0.2527E 04	0.2494E 04	0.2461E 04	0.2429E 04
1120	0.2398E 04	0.2366E 04	0.2336E 04	0.2306E 04	0.2276E 04	0.2247E 04	0.2218E 04	0.2189E 04	0.2161E 04	0.2134E 04
1130	0.2107E 04	0.2080E 04	0.2053E 04	0.2027E 04	0.2002E 04	0.1977E 04	0.1952E 04	0.1927E 04	0.1903E 04	0.1879E 04
1140	0.1856E 04	0.1833E 04	0.1810E 04	0.1788E 04	0.1766E 04	0.1744E 04	0.1723E 04	0.1701E 04	0.1681E 04	0.1660E 04
1150	0.1640E 04	0.1620E 04	0.1600E 04	0.1581E 04	0.1562E 04	0.1543E 04	0.1524E 04	0.1506E 04	0.1488E 04	0.1470E 04
1160	0.1453E 04	0.1435E 04	0.1418E 04	0.1401E 04	0.1385E 04	0.1368E 04	0.1352E 04	0.1336E 04	0.1321E 04	0.1305E 04
1170	0.1290E 04	0.1275E 04	0.1260E 04	0.1245E 04	0.1231E 04	0.1217E 04	0.1203E 04	0.1189E 04	0.1175E 04	0.1162E 04
1180	0.1148E 04	0.1135E 04	0.1122E 04	0.1110E 04	0.1097E 04	0.1085E 04	0.1072E 04	0.1060E 04	0.1048E 04	0.1037E 04
1190	0.1025E 04	0.1013E 04	0.1002E 04	0.9909E 03	0.9799E 03	0.9690E 03	0.9583E 03	0.9477E 03	0.9372E 03	0.9269E 03
1200	0.9167E 03	0.9067E 03	0.8968E 03	0.8870E 03	0.8773E 03	0.8677E 03	0.8583E 03	0.8490E 03	0.8398E 03	0.8308E 03
1210	0.8218E 03	0.8130E 03	0.8043E 03	0.7957E 03	0.7872E 03	0.7788E 03	0.7705E 03	0.7623E 03	0.7542E 03	0.7462E 03
1220	0.7384E 03	0.7306E 03	0.7229E 03	0.7153E 03	0.7078E 03	0.7004E 03	0.6931E 03	0.6859E 03	0.6787E 03	0.6717E 03
1230	0.6648E 03	0.6579E 03	0.6511E 03	0.6444E 03	0.6378E 03	0.6312E 03	0.6248E 03	0.6184E 03	0.6121E 03	0.6059E 03
1240	0.5997E 03	0.5936E 03	0.5876E 03	0.5817E 03	0.5759E 03	0.5701E 03	0.5643E 03	0.5587E 03	0.5531E 03	0.5476E 03
1250	0.5421E 03	0.5367E 03	0.5314E 03	0.5262E 03	0.5210E 03	0.5158E 03	0.5107E 03	0.5057E 03	0.5008E 03	0.4959E 03
1260	0.4710E 03	0.4662E 03	0.4615E 03	0.4568E 03	0.4522E 03	0.4476E 03	0.4431E 03	0.4386E 03	0.4342E 03	0.4299E 03
1270	0.4456E 03	0.4413E 03	0.4371E 03	0.4329E 03	0.4288E 03	0.4247E 03	0.4207E 03	0.4167E 03	0.4128E 03	0.4089E 03
1280	0.4050E 03	0.4012E 03	0.3975E 03	0.3938E 03	0.3901E 03	0.3864E 03	0.3829E 03	0.3793E 03	0.3758E 03	0.3723E 03
1290	0.3689E 03	0.3655E 03	0.3621E 03	0.3588E 03	0.3555E 03	0.3522E 03	0.3490E 03	0.3458E 03	0.3427E 03	0.3396E 03
1300	0.3365E 03	0.3335E 03	0.3304E 03	0.3275E 03	0.3245E 03	0.3216E 03	0.3187E 03	0.3159E 03	0.3130E 03	0.3103E 03
1310	0.3075E 03	0.3048E 03	0.3021E 03	0.2994E 03	0.2967E 03	0.2941E 03	0.2915E 03	0.2890E 03	0.2864E 03	0.2839E 03
1320	0.2814E 03	0.2790E 03	0.2766E 03	0.2741E 03	0.2718E 03	0.2694E 03	0.2671E 03	0.2648E 03	0.2625E 03	0.2602E 03
1330	0.2580E 03	0.2558E 03	0.2536E 03	0.2514E 03	0.2493E 03	0.2472E 03	0.2451E 03	0.2430E 03	0.2409E 03	0.2389E 03
1340	0.2369E 03	0.2349E 03	0.2329E 03	0.2310E 03	0.2290E 03	0.2271E 03	0.2252E 03	0.2233E 03	0.2215E 03	0.2196E 03
1350	0.2178E 03	0.2160E 03	0.2142E 03	0.2125E 03	0.2107E 03	0.2090E 03	0.2073E 03	0.2056E 03	0.2039E 03	0.2022E 03
1360	0.2006E 03	0.1990E 03	0.1973E 03	0.1957E 03	0.1942E 03	0.1926E 03	0.1910E 03	0.1895E 03	0.1880E 03	0.1865E 03
1370	0.1850E 03	0.1835E 03	0.1820E 03	0.1806E 03	0.1792E 03	0.1777E 03	0.1763E 03	0.1749E 03	0.1736E 03	0.1722E 03
1380	0.1708E 03	0.1695E 03	0.1682E 03	0.1668E 03	0.1655E 03	0.1642E 03	0.1630E 03	0.1617E 03	0.1604E 03	0.1592E 03
1390	0.1580E 03	0.1568E 03	0.1555E 03	0.1543E 03	0.1532E 03	0.1520E 03	0.1508E 03	0.1497E 03	0.1485E 03	0.1474E 03
1400	0.1463E 03	0.1452E 03	0.1441E 03	0.1430E 03	0.1419E 03	0.1408E 03	0.1398E 03	0.1387E 03	0.1377E 03	0.1366E 03
1410	0.1356E 03	0.1346E 03	0.1336E 03	0.1326E 03	0.1316E 03	0.1306E 03	0.1297E 03	0.1287E 03	0.1278E 03	0.1268E 03
1420	0.1259E 03	0.1250E 03	0.1241E 03	0.1232E 03	0.1223E 03	0.1214E 03	0.1205E 03	0.1196E 03	0.1187E 03	0.1179E 03
1430	0.1170E 03	0.1162E 03	0.1153E 03	0.1145E 03	0.1137E 03	0.1129E 03	0.1121E 03	0.1113E 03	0.1105E 03	0.1097E 03
1440	0.1089E 03	0.1081E 03	0.1074E 03	0.1066E 03	0.1058E 03	0.1051E 03	0.1044E 03	0.1036E 03	0.1029E 03	0.1022E 03
1450	0.1015E 03	0.1007E 03	0.1000E 03	0.9934E 02	0.9865E 02	0.9797E 02	0.9729E 02	0.9662E 02	0.9595E 02	0.9529E 02
1460	0.9463E 02	0.9398E 02	0.9333E 02	0.9269E 02	0.9206E 02	0.9143E 02	0.9081E 02	0.9019E 02	0.8957E 02	0.8897E 02
1470	0.8836E 02	0.8776E 02	0.8717E 02	0.8658E 02	0.8600E 02	0.8542E 02	0.8485E 02	0.8428E 02	0.8372E 02	0.8316E 02
1480	0.8260E 02	0.8205E 02	0.8150E 02	0.8096E 02	0.8043E 02	0.7989E 02	0.7937E 02	0.7884E 02	0.7832E 02	0.7781E 02
1490	0.7730E 02	0.7679E 02	0.7629E 02	0.7579E 02	0.7529E 02	0.7480E 02	0.7432E 02	0.7383E 02	0.7335E 02	0.7288E 02