

ID N° 18747 - Contact Angle Measurement - M4

Executed on Okt 12, 2020, by M. Breitwieser

[Repetition N°5]

V-Test HDPE dyn. / OHNE PUMPE !

 Measurement between **Wasser** and **HDPE**, result: $\theta_c = 87,3^\circ$ dyn. 25,058°C

Report

1. ===== Introduction =====

Prinzip: Die *Kontaktwinkelmessung* nach der sog. 'Wilhelmy-Methode' beruht auf Kraftmessungen (z.B.) an einer dünnen Platte, die senkrecht mit einer Flüssigkeitsoberfläche in Kontakt gebracht wird. Indem die *Platte* die Flüssigkeitsoberfläche berührt und in sie hineinbewegt wird, formt sich die Flüssigkeit entsprechend der *Benetzbarkeit* eine Flüssigkeitswulst (*Meniskus*). Liegt gute Benetzbarkeit vor, steigt die Flüssigkeit auf der Plattenoberfläche empor, oder wird bei schlechter Benetzbarkeit abgestoßen und erscheint nach unten eingestülpt. Dementsprechend wird das Gewicht an der Platte durch die Position und Wölbung der Phasengrenze modifiziert (*Benetzungskraft*). Wird die Bewegungsrichtung umgekehrt und die Platte wird wieder herausgezogen, kann man in der Regel sehen, dass sich auch die Deformation der Flüssigkeit an der Dreiphasengrenze verändert. - Der Winkel, unter dem die Flüssigkeitsoberfläche an der Platte anlangt, und somit die Qualität der Benetzung charakterisiert, ist der Kontaktwinkel θ (Theta). Der bei der Vorwärtsbewegung auftretende Benetzungswinkel wird *Advancing-Kontaktwinkel* θ_A , der beim Herausziehen gemessene wird *Receding-Kontaktwinkel* θ_R genannt. Der Unterschied beider ($\theta_A - \theta_R$) ist die *Kontaktwinkelhysterese* (CAH).

Physikalisch: Die Wilhelmy-Gleichung stellt den Zusammenhang von Kontaktwinkel θ , Plattenumfang p , *Benetzungskraft* F und Oberflächenspannung der Flüssigkeit γ her: $\cos\theta_{(A,R)} = F / (p \cdot \gamma)$.

Praktisch: In der vorliegenden Messung wird der 'HDPE'-Prüfkörper nach Ermittlung des Oberflächenniveaus bei konstanter Vorschub-Geschwindigkeit in die Flüssigkeit *Wasser* hineinbewegt und wieder herausgezogen, wodurch *dynamische Kontaktwinkel* bestimmt werden. Für jede der 199 Messungen wird der jeweilige Kontaktwinkel θ_A bzw. θ_R unabhängig berechnet. Die Ergebnis-Kontaktwinkel werden aus diesen Einzelwerten durch lineare Regressionen bestimmt. Die zugehörige Standardabweichung kann zur Charakterisierung der Einheitlichkeit der Probenoberfläche dienen.

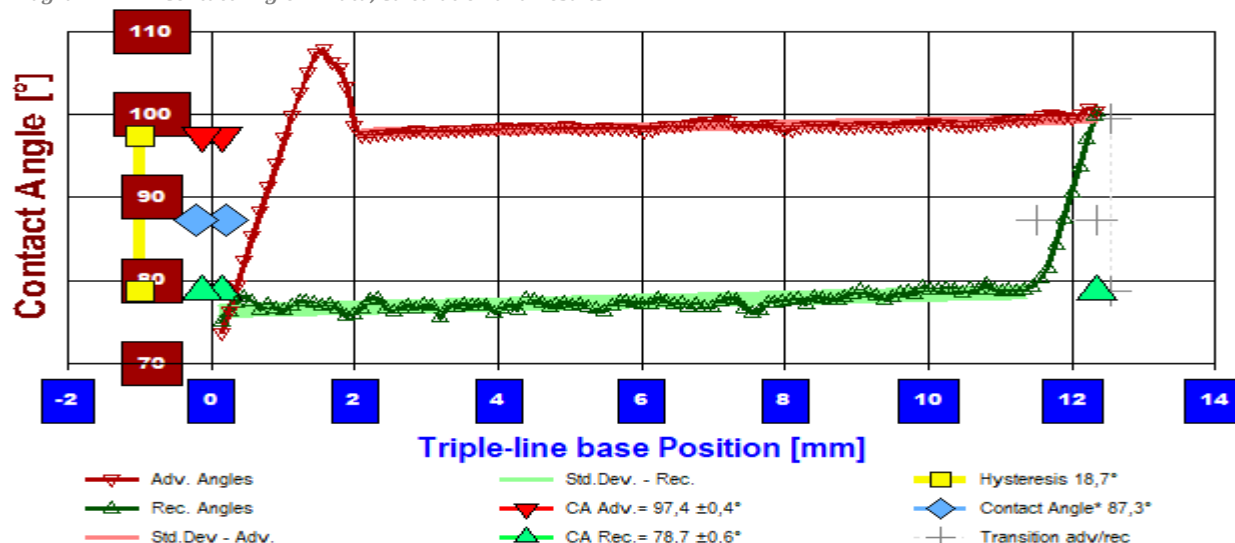
- Dieser Bericht ist mit Kommentierungen versehen. Diese sind formatiert wie dieser Text.

2. ===== Dynamic Contact Angle Results =====

Wasser ↔ HDPE	3rd Phase is <i>air / Wasser-vapor</i> , measurement at $\vartheta=25,1^\circ\text{C}$		
Contact Angle, CA θ_c :	87,3°, $\theta_M = 88,1^\circ$		
Contact Angle Hysteresis, CAH :	18,7°		
	Advancing θ_A	Receding θ_R	Transition 0,835 mm
Contact Angles, θ :	97,4°	78,7°	adv.99,4° rec.78,7°
Standard Deviation s :	$\pm 0,4^\circ$	$\pm 0,6^\circ$	$\pm 1^\circ$
Slope of Regr.curve [°/mm] :	0,162	0,198	25,0
Correlation coefficient r^2 :	0,65	0,53	0,982
Valid CA-Measurements n :	95	104	8
Vertical Speed v [mm/s] :	$0,25 \pm 2,84\text{E-}5$	$-0,25 \pm 2,84\text{E-}5$	
Capillary Number Ca :	$3,09\text{E-}6$	$-3,09\text{E-}6$	

- The table above presents the summary of this Contact Angle Measurement. The equilibrium Contact Angle θ_c is calculated from advancing and receding values according to the formula of *Tadmor/Chibowski*; the average value of advancing and receding Contact Angle is given by θ_M . In case of a simple regular measurement the slope of the CA-regression curves should be for advancing and receding the same and close to zero. The Capillary Number Ca is calculated from vertical speed v and the viscosity and surface tension of the fluid. A value below $\sim 10^5$ is normally an indication for the predominance of capillary forces over viscous drag (in porous media). The change of the direction from advancing - where the contact line is pinned and only the angle is changing from advancing to receding - is analysed within the column 'Transition'. The Diagramm below is presenting these results and further details in a graphical way.

Diagramm 1.2: 'Contact Angle' -- Data, Calculation and Results



- Diagram for the results summary of the contact angle measurement: The small triangular marks show the individual contact angle values depending on the immersion depth of the sample. At '0' on the x-axis, the underside of the sample touches the surface of the liquid, to the right the depth of immersion increases. This 'immersion depth' indicates the apparent position of the three-phase boundary on the sample surface (shifted by half of the transition way). Red triangles show the contact angles when immersed (advancing the fluid over the sample surface), Green triangles when retracting (receding). The direction reversal is characterized by a clear step, since the retreat angle is much smaller. This paragraph is the 'contact angle hysteresis' (CAH). The two contact angles and the extent of hysteresis are determined from the graph by plotting linear regressions over the ranges. The forward or advancing angle θ_a is determined by the regression equation for the immersion depth '0', the retraction or receding angle θ_r is determined by extrapolation to the maximum immersion depth (thus any errors due to adherence of remaining liquid are eliminated). The standard deviation of the regression curves is indicated by the width of the hatching, which also graphically indicates the data range of the regression. Further marks indicate the determined angles (red, green) and the hysteresis range (yellow) above the Y-axis, the main result, the equilibrium contact angle θ_c is shown in blue.

3. ===== Details on the Measurement and Setup =====

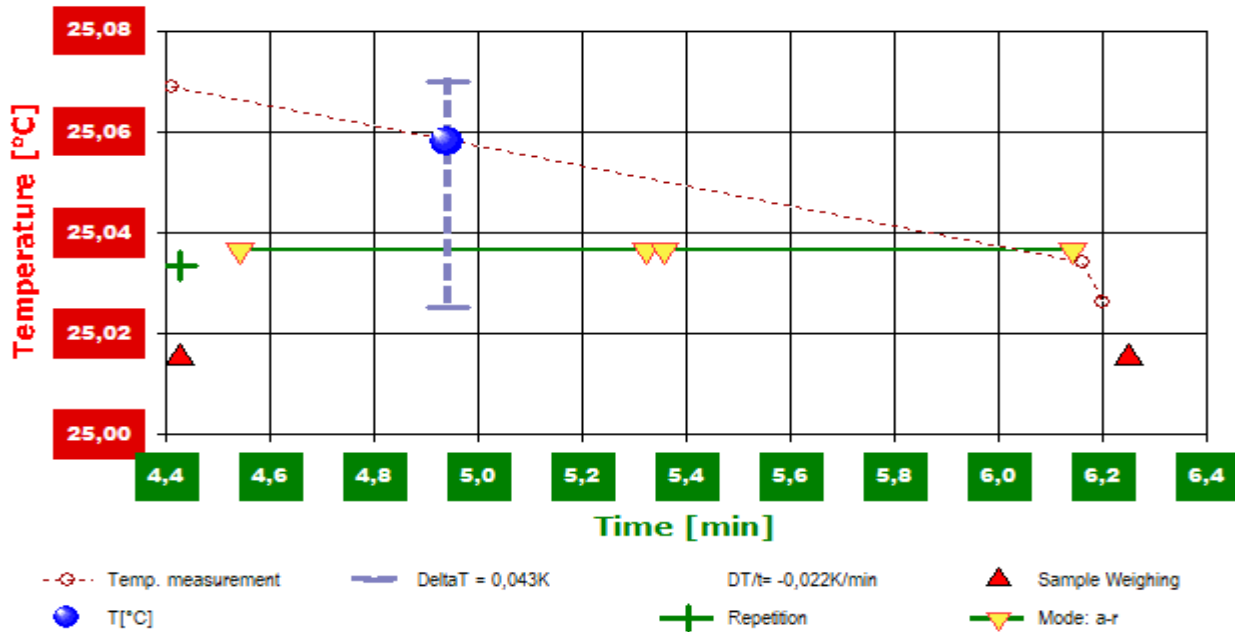
Repetition 5 of the Measurement ref. IDN°18742

Sample Weight at Start: 5,2127 g; alteration to reference 0,0087 g.

Measurement algorithm: dynamic CA-measurement, acquisition during constant movement to the maximum immersion of 11,877 mm. Positions geometrical corrected eg. at max immersion to 12,339 mm. Duration for immersion 0,78 min, for emersion 0,78 min.

Time & Temperature: Messdauer sechs Minuten; Temperaturabnahme von 25,07 auf 25,03°C.

Diagramm 2.3: "Temperature / Events" -- Survey on Temperature and Time



- Das Diagramm "Temperature / Events" dokumentiert neben der Flüssigkeitstemperatur der Messflüssigkeit (Wasser) die zeitliche Abfolge der Verfahrensschritte. Die Temperaturmesswerte sind als kleine Kreise abgebildet; die kugelförmige Marke gibt die der Messung insgesamt beigeordnete Temperatur an (25,058°C). Weitere gelbe Dreiecke auf der waagerechten Linie umschließen jeweilige Zeiträume der Messmodi ('a-r' bedeutet Vorwärts- und Umkehrbewegung). Die roten Dreiecke ganz unten zeigen Zeitpunkte der Wägung der HDPE-Probe.

4. ===== Table of raw data and results =====

The table below provides the data for each measuring position in this experiment. Within a row the column t lists the time of the CA-measurement. T is the temperature of the liquid (sample and atmosphere). The nominal position of the 90°-wetting line on the sample surface is given by h_0 , and $h_{corr.}$ is the corrected position. With $w_{tot.}$ the complete weight of sample, sample holder, wetting force and buoyancy is displayed. The $w_{corr.}$ -values are the former values when the weight of the sample and its holder are subtracted. $w_{men.}$ is the net weight of the meniscus and the exerted force. The F/p gives the wetting force per meter of the circumference of the sample. Finally θ gives the Contact Angle and chr reflects the advancing resp. receding state.

Tabelle 1.4: Data table

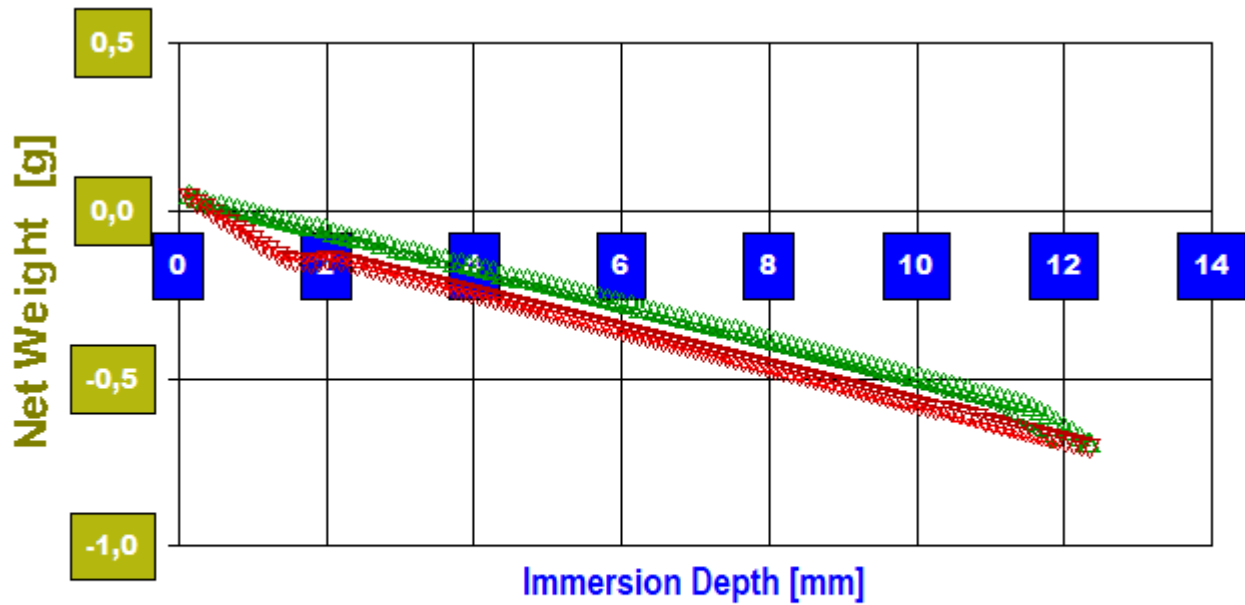
N°	t [sec]	T [°C]	h_0 [mm]	$h_{corr.}$ [mm]	$w_{tot.}$ [g]	$w_{corr.}$ [g]	$w_{men.}$ [g]	F/p [mN/m]	θ [°deg]	chr --
1.	272,4	25,07	0,135	0,136	8,0949	0,0462	0,0536	20,15	73,73	a
2.	272,8	25,07	0,239	0,245	8,0807	0,0320	0,0452	17,02	76,32	a
3.	273,3	25,07	0,343	0,354	8,0649	0,0162	0,0353	13,28	79,36	a
4.	273,7	25,07	0,447	0,463	8,0490	0,0003	0,0253	9,51	82,40	a
5.	274,1	25,07	0,553	0,574	8,0331	-0,0156	0,0154	5,77	85,40	a
6.	274,5	25,07	0,657	0,682	8,0174	-0,0313	0,0055	2,062	88,36	a

7.	274,9	25,07	0,762	0,792	8,0019	-0,0468	-0,0041	-1,545	91,23	a
8.	275,4	25,07	0,870	0,904	7,9864	-0,0623	-0,0135	-5,09	94,06	a
9.	275,8	25,07	0,974	1,013	7,9702	-0,0785	-0,0239	-8,97	97,16	a
10.	276,2	25,07	1,080	1,124	7,9552	-0,0935	-0,0329	-12,37	99,90	a
11.	276,6	25,06	1,183	1,232	7,9405	-0,1082	-0,0418	-15,71	102,61	a
12.	277,1	25,06	1,292	1,345	7,9263	-0,1224	-0,0499	-18,75	105,11	a
13.	277,5	25,06	1,396	1,454	7,9132	-0,1355	-0,0571	-21,48	107,37	a
14.	277,9	25,06	1,500	1,563	7,9060	-0,1427	-0,0585	-21,99	107,79	a
15.	278,3	25,06	1,606	1,672	7,9046	-0,1441	-0,0539	-20,29	106,38	a
16.	278,7	25,06	1,710	1,780	7,9013	-0,1474	-0,0515	-19,36	105,60	a
17.	279,1	25,06	1,815	1,888	7,9028	-0,1459	-0,0441	-16,59	103,33	a
18.	279,6	25,06	1,919	1,995	7,9127	-0,1360	-0,0284	-10,70	98,55	a
19.	280,0	25,06	2,023	2,103	7,9106	-0,1381	-0,0247	-9,30	97,43	a
20.	280,4	25,06	2,127	2,211	7,9049	-0,1438	-0,0246	-9,26	97,39	a
21.	280,8	25,06	2,233	2,321	7,8985	-0,1502	-0,0251	-9,43	97,53	a
22.	281,2	25,06	2,337	2,429	7,8923	-0,1564	-0,0255	-9,59	97,65	a
23.	281,7	25,06	2,442	2,538	7,8861	-0,1626	-0,0258	-9,71	97,75	a
24.	282,1	25,06	2,546	2,646	7,8800	-0,1687	-0,0261	-9,81	97,83	a
25.	282,5	25,06	2,650	2,754	7,8740	-0,1747	-0,0262	-9,87	97,88	a
26.	282,9	25,06	2,754	2,863	7,8677	-0,1810	-0,0267	-10,05	98,02	a
27.	283,3	25,06	2,864	2,977	7,8619	-0,1868	-0,0264	-9,92	97,92	a
28.	283,8	25,06	2,968	3,085	7,8558	-0,1929	-0,0266	-10,02	98,00	a
29.	284,2	25,06	3,076	3,197	7,8500	-0,1987	-0,0264	-9,93	97,93	a
30.	284,6	25,06	3,180	3,305	7,8437	-0,2050	-0,0269	-10,10	98,07	a
31.	285,0	25,06	3,286	3,415	7,8376	-0,2111	-0,0270	-10,17	98,13	a
32.	285,4	25,06	3,389	3,522	7,8320	-0,2167	-0,0269	-10,10	98,07	a
33.	285,9	25,06	3,494	3,631	7,8262	-0,2225	-0,0268	-10,07	98,05	a
34.	286,3	25,06	3,599	3,740	7,8197	-0,2290	-0,0274	-10,32	98,25	a
35.	286,7	25,06	3,703	3,848	7,8140	-0,2347	-0,0273	-10,27	98,21	a
36.	287,1	25,06	3,807	3,956	7,8081	-0,2406	-0,0274	-10,30	98,23	a
37.	287,5	25,06	3,913	4,066	7,8015	-0,2472	-0,0280	-10,55	98,43	a
38.	288,0	25,06	4,016	4,174	7,7961	-0,2526	-0,0277	-10,40	98,31	a
39.	288,4	25,06	4,121	4,283	7,7901	-0,2586	-0,0278	-10,45	98,35	a
40.	288,8	25,06	4,225	4,391	7,7839	-0,2648	-0,0282	-10,59	98,46	a
41.	289,2	25,06	4,330	4,499	7,7781	-0,2706	-0,0281	-10,58	98,46	a
42.	289,6	25,06	4,434	4,607	7,7725	-0,2762	-0,0279	-10,49	98,39	a
43.	290,0	25,06	4,540	4,717	7,7666	-0,2821	-0,0279	-10,48	98,38	a
44.	290,5	25,06	4,643	4,825	7,7608	-0,2879	-0,0279	-10,49	98,38	a
45.	290,9	25,06	4,748	4,934	7,7544	-0,2943	-0,0284	-10,68	98,54	a
46.	291,3	25,06	4,852	5,042	7,7490	-0,2997	-0,0280	-10,52	98,41	a
47.	291,7	25,06	4,957	5,150	7,7436	-0,3051	-0,0275	-10,36	98,28	a
48.	292,1	25,06	5,061	5,258	7,7378	-0,3109	-0,0275	-10,35	98,27	a
49.	292,6	25,06	5,166	5,368	7,7317	-0,3170	-0,0277	-10,42	98,32	a
50.	293,0	25,06	5,270	5,476	7,7257	-0,3230	-0,0279	-10,49	98,38	a
51.	293,4	25,06	5,375	5,585	7,7201	-0,3286	-0,0276	-10,39	98,30	a
52.	293,8	25,06	5,479	5,693	7,7141	-0,3346	-0,0278	-10,45	98,35	a
53.	294,2	25,06	5,583	5,801	7,7084	-0,3403	-0,0277	-10,40	98,31	a
54.	294,7	25,06	5,693	5,915	7,7031	-0,3456	-0,0268	-10,09	98,06	a
55.	295,1	25,06	5,796	6,023	7,6976	-0,3511	-0,0265	-9,98	97,97	a
56.	295,5	25,06	5,905	6,136	7,6911	-0,3576	-0,0269	-10,13	98,09	a
57.	295,9	25,06	6,010	6,244	7,6840	-0,3647	-0,0282	-10,61	98,48	a
58.	296,3	25,06	6,114	6,352	7,6777	-0,3710	-0,0287	-10,78	98,62	a
59.	296,8	25,06	6,220	6,462	7,6717	-0,3770	-0,0287	-10,81	98,64	a
60.	297,2	25,06	6,323	6,570	7,6662	-0,3825	-0,0285	-10,70	98,55	a
61.	297,6	25,06	6,428	6,679	7,6596	-0,3891	-0,0292	-10,97	98,77	a
62.	298,0	25,06	6,532	6,787	7,6530	-0,3957	-0,0299	-11,26	99,00	a
63.	298,4	25,06	6,636	6,895	7,6469	-0,4018	-0,0302	-11,36	99,09	a
64.	298,9	25,06	6,741	7,003	7,6407	-0,4080	-0,0306	-11,50	99,20	a
65.	299,3	25,06	6,846	7,114	7,6342	-0,4145	-0,0311	-11,72	99,37	a
66.	299,7	25,06	6,950	7,221	7,6293	-0,4194	-0,0303	-11,38	99,10	a
67.	300,1	25,06	7,055	7,330	7,6252	-0,4235	-0,0285	-10,72	98,57	a
68.	300,5	25,06	7,159	7,438	7,6191	-0,4296	-0,0288	-10,82	98,64	a
69.	300,9	25,06	7,263	7,546	7,6132	-0,4355	-0,0288	-10,85	98,67	a
70.	301,4	25,06	7,373	7,660	7,6075	-0,4412	-0,0284	-10,68	98,54	a
71.	301,8	25,06	7,476	7,768	7,6011	-0,4476	-0,0290	-10,91	98,72	a
72.	302,2	25,06	7,581	7,876	7,5963	-0,4524	-0,0279	-10,51	98,40	a
73.	302,6	25,06	7,685	7,985	7,5917	-0,4570	-0,0267	-10,05	98,03	a
74.	303,1	25,06	7,794	8,097	7,5852	-0,4635	-0,0272	-10,21	98,16	a
75.	303,5	25,06	7,899	8,207	7,5783	-0,4704	-0,0281	-10,58	98,45	a
76.	303,9	25,06	8,003	8,314	7,5720	-0,4767	-0,0286	-10,77	98,61	a
77.	304,3	25,06	8,108	8,423	7,5661	-0,4826	-0,0287	-10,78	98,62	a
78.	304,7	25,06	8,212	8,532	7,5603	-0,4884	-0,0286	-10,77	98,61	a
79.	305,2	25,06	8,316	8,640	7,5546	-0,4941	-0,0285	-10,72	98,57	a
80.	305,6	25,06	8,420	8,748	7,5491	-0,4996	-0,0282	-10,59	98,47	a
81.	306,0	25,06	8,526	8,858	7,5435	-0,5052	-0,0278	-10,47	98,37	a
82.	306,4	25,05	8,630	8,966	7,5376	-0,5111	-0,0279	-10,51	98,40	a
83.	306,8	25,05	8,735	9,075	7,5309	-0,5178	-0,0288	-10,82	98,65	a

84.	307,3	25,05	8,839	9,183	7,5251	-0,5236	-0,0287	-10,81	98,64	a
85.	307,7	25,05	8,943	9,291	7,5194	-0,5293	-0,0286	-10,76	98,60	a
86.	308,1	25,05	9,047	9,399	7,5139	-0,5348	-0,0283	-10,63	98,50	a
87.	308,5	25,05	9,153	9,509	7,5080	-0,5407	-0,0282	-10,62	98,49	a
88.	308,9	25,05	9,256	9,617	7,5018	-0,5469	-0,0287	-10,78	98,62	a
89.	309,3	25,05	9,361	9,726	7,4951	-0,5536	-0,0295	-11,09	98,87	a
90.	309,8	25,05	9,466	9,834	7,4893	-0,5594	-0,0295	-11,08	98,86	a
91.	310,2	25,05	9,570	9,942	7,4834	-0,5653	-0,0295	-11,10	98,88	a
92.	310,6	25,05	9,674	10,050	7,4775	-0,5712	-0,0296	-11,13	98,90	a
93.	311,0	25,05	9,780	10,161	7,4718	-0,5769	-0,0294	-11,04	98,83	a
94.	311,4	25,05	9,883	10,268	7,4662	-0,5825	-0,0292	-10,97	98,77	a
95.	311,9	25,05	9,988	10,377	7,4607	-0,5880	-0,0288	-10,83	98,66	a
96.	312,3	25,05	10,093	10,485	7,4551	-0,5936	-0,0286	-10,74	98,59	a
97.	312,7	25,05	10,197	10,593	7,4492	-0,5995	-0,0286	-10,77	98,61	a
98.	313,1	25,05	10,301	10,702	7,4430	-0,6057	-0,0290	-10,91	98,72	a
99.	313,5	25,05	10,411	10,816	7,4367	-0,6120	-0,0292	-10,97	98,77	a
100.	314,0	25,05	10,519	10,928	7,4301	-0,6186	-0,0297	-11,18	98,94	a
101.	314,4	25,05	10,623	11,036	7,4234	-0,6253	-0,0306	-11,50	99,20	a
102.	314,8	25,05	10,727	11,144	7,4174	-0,6313	-0,0307	-11,56	99,25	a
103.	315,2	25,05	10,833	11,254	7,4112	-0,6375	-0,0310	-11,67	99,33	a
104.	315,6	25,05	10,937	11,362	7,4052	-0,6435	-0,0312	-11,74	99,39	a
105.	316,1	25,05	11,041	11,471	7,3991	-0,6496	-0,0315	-11,83	99,46	a
106.	316,5	25,05	11,145	11,579	7,3921	-0,6566	-0,0326	-12,27	99,82	a
107.	316,9	25,05	11,250	11,687	7,3855	-0,6632	-0,0334	-12,56	100,05	a
108.	317,3	25,05	11,354	11,795	7,3803	-0,6684	-0,0328	-12,32	99,86	a
109.	317,7	25,05	11,460	11,906	7,3750	-0,6737	-0,0321	-12,08	99,67	a
110.	318,2	25,05	11,563	12,013	7,3696	-0,6791	-0,0317	-11,94	99,55	a
111.	318,6	25,05	11,668	12,122	7,3621	-0,6866	-0,0334	-12,55	100,04	a
112.	319,0	25,05	11,772	12,230	7,3540	-0,6947	-0,0356	-13,40	100,73	a
113.	319,4	25,05	11,877	12,339	7,3496	-0,6991	-0,0342	-12,86	100,30	a
114.	321,4	25,05	11,863	12,324	7,3518	-0,6969	-0,0328	-12,33	99,86	r
115.	321,9	25,05	11,757	12,214	7,3670	-0,6817	-0,0235	-8,85	97,06	r
116.	322,3	25,05	11,654	12,106	7,3836	-0,6651	-0,0127	-4,80	93,82	r
117.	322,7	25,05	11,549	11,996	7,4000	-0,6487	-0,0023	-0,852	90,68	r
118.	323,1	25,05	11,445	11,887	7,4165	-0,6322	0,0084	3,15	87,49	r
119.	323,5	25,05	11,340	11,778	7,4328	-0,6159	0,0188	7,07	84,36	r
120.	323,9	25,05	11,236	11,669	7,4480	-0,6007	0,0281	10,58	81,55	r
121.	324,4	25,05	11,130	11,559	7,4583	-0,5904	0,0325	12,22	80,22	r
122.	324,8	25,05	11,027	11,451	7,4671	-0,5816	0,0355	13,35	79,31	r
123.	325,2	25,05	10,922	11,342	7,4741	-0,5746	0,0366	13,77	78,97	r
124.	325,6	25,05	10,818	11,234	7,4806	-0,5681	0,0373	14,02	78,76	r
125.	326,0	25,05	10,714	11,126	7,4859	-0,5628	0,0368	13,83	78,92	r
126.	326,4	25,05	10,610	11,018	7,4926	-0,5561	0,0376	14,15	78,66	r
127.	326,9	25,05	10,504	10,908	7,4977	-0,5510	0,0368	13,84	78,91	r
128.	327,3	25,05	10,400	10,800	7,5011	-0,5476	0,0344	12,94	79,64	r
129.	327,7	25,05	10,295	10,691	7,5094	-0,5393	0,0368	13,85	78,90	r
130.	328,1	25,05	10,191	10,583	7,5149	-0,5338	0,0365	13,73	79,00	r
131.	328,5	25,05	10,087	10,475	7,5220	-0,5267	0,0378	14,20	78,62	r
132.	329,0	25,05	9,983	10,366	7,5267	-0,5220	0,0366	13,78	78,96	r
133.	329,4	25,05	9,873	10,252	7,5324	-0,5163	0,0362	13,61	79,09	r
134.	329,8	25,05	9,769	10,144	7,5392	-0,5095	0,0372	13,98	78,80	r
135.	330,2	25,05	9,661	10,032	7,5450	-0,5037	0,0369	13,88	78,88	r
136.	330,7	25,05	9,557	9,924	7,5497	-0,4990	0,0358	13,46	79,22	r
137.	331,1	25,05	9,451	9,814	7,5584	-0,4903	0,0386	14,50	78,38	r
138.	331,5	25,05	9,347	9,706	7,5633	-0,4854	0,0377	14,17	78,65	r
139.	331,9	25,05	9,242	9,597	7,5696	-0,4791	0,0381	14,33	78,52	r
140.	332,3	25,05	9,138	9,489	7,5768	-0,4719	0,0395	14,84	78,10	r
141.	332,8	25,05	9,034	9,381	7,5843	-0,4644	0,0411	15,46	77,59	r
142.	333,2	25,05	8,930	9,272	7,5884	-0,4603	0,0394	14,81	78,12	r
143.	333,6	25,05	8,824	9,162	7,5932	-0,4555	0,0383	14,39	78,46	r
144.	334,0	25,05	8,720	9,055	7,5978	-0,4509	0,0371	13,95	78,83	r
145.	334,4	25,05	8,615	8,946	7,6050	-0,4437	0,0384	14,44	78,42	r
146.	334,8	25,05	8,511	8,838	7,6119	-0,4368	0,0395	14,85	78,09	r
147.	335,3	25,05	8,407	8,730	7,6192	-0,4295	0,0409	15,40	77,65	r
148.	335,7	25,05	8,303	8,621	7,6247	-0,4240	0,0406	15,27	77,75	r
149.	336,1	25,05	8,197	8,511	7,6302	-0,4185	0,0402	15,11	77,88	r
150.	336,5	25,04	8,093	8,404	7,6357	-0,4130	0,0399	15,00	77,97	r
151.	336,9	25,04	7,989	8,295	7,6443	-0,4044	0,0426	16,02	77,13	r
152.	337,4	25,04	7,884	8,187	7,6480	-0,4007	0,0405	15,22	77,79	r
153.	337,8	25,04	7,780	8,078	7,6542	-0,3945	0,0408	15,36	77,67	r
154.	338,2	25,04	7,676	7,970	7,6607	-0,3880	0,0415	15,61	77,47	r
155.	338,6	25,04	7,570	7,860	7,6669	-0,3818	0,0418	15,72	77,38	r
156.	339,0	25,04	7,467	7,753	7,6730	-0,3757	0,0421	15,83	77,29	r
157.	339,4	25,04	7,362	7,643	7,6818	-0,3669	0,0450	16,93	76,39	r
158.	339,9	25,04	7,258	7,535	7,6885	-0,3602	0,0459	17,25	76,13	r
159.	340,3	25,04	7,153	7,427	7,6925	-0,3562	0,0440	16,57	76,69	r
160.	340,7	25,04	7,049	7,319	7,6950	-0,3537	0,0407	15,32	77,71	r

161.	341,1	25,04	6,943	7,209	7,7004	-0,3483	0,0402	15,13	77,87	r
162.	341,5	25,04	6,840	7,102	7,7077	-0,3410	0,0417	15,69	77,41	r
163.	341,9	25,04	6,735	6,993	7,7156	-0,3331	0,0437	16,45	76,78	r
164.	342,4	25,04	6,627	6,880	7,7216	-0,3271	0,0437	16,43	76,80	r
165.	342,8	25,04	6,523	6,772	7,7261	-0,3226	0,0424	15,93	77,21	r
166.	343,2	25,04	6,417	6,662	7,7333	-0,3154	0,0436	16,41	76,82	r
167.	343,6	25,04	6,313	6,555	7,7376	-0,3111	0,0421	15,85	77,27	r
168.	344,1	25,04	6,209	6,446	7,7441	-0,3046	0,0428	16,09	77,08	r
169.	344,5	25,04	6,104	6,338	7,7486	-0,3001	0,0414	15,59	77,49	r
170.	344,9	25,04	6,000	6,230	7,7530	-0,2957	0,0400	15,05	77,93	r
171.	345,3	25,04	5,896	6,121	7,7612	-0,2875	0,0424	15,94	77,20	r
172.	345,7	25,04	5,790	6,011	7,7672	-0,2815	0,0424	15,96	77,18	r
173.	346,1	25,04	5,686	5,904	7,7727	-0,2760	0,0422	15,86	77,27	r
174.	346,6	25,04	5,582	5,795	7,7776	-0,2711	0,0412	15,50	77,57	r
175.	347,0	25,04	5,478	5,687	7,7838	-0,2649	0,0416	15,63	77,45	r
176.	347,4	25,04	5,373	5,578	7,7910	-0,2577	0,0429	16,15	77,03	r
177.	347,8	25,04	5,269	5,470	7,7994	-0,2493	0,0455	17,11	76,25	r
178.	348,2	25,04	5,163	5,360	7,8043	-0,2444	0,0445	16,72	76,56	r
179.	348,7	25,04	5,060	5,252	7,8093	-0,2394	0,0437	16,43	76,81	r
180.	349,1	25,04	4,955	5,144	7,8138	-0,2349	0,0423	15,91	77,23	r
181.	349,5	25,04	4,851	5,035	7,8202	-0,2285	0,0429	16,12	77,05	r
182.	349,9	25,04	4,746	4,927	7,8251	-0,2236	0,0419	15,77	77,34	r
183.	350,3	25,04	4,642	4,819	7,8318	-0,2169	0,0428	16,10	77,07	r
184.	350,7	25,04	4,536	4,709	7,8386	-0,2101	0,0437	16,43	76,80	r
185.	351,2	25,04	4,433	4,602	7,8428	-0,2059	0,0421	15,84	77,29	r
186.	351,6	25,04	4,328	4,493	7,8472	-0,2015	0,0406	15,28	77,74	r
187.	352,0	25,04	4,220	4,381	7,8528	-0,1959	0,0402	15,12	77,87	r
188.	352,4	25,04	4,116	4,272	7,8632	-0,1855	0,0447	16,83	76,48	r
189.	352,9	25,04	4,010	4,162	7,8676	-0,1811	0,0432	16,25	76,95	r
190.	353,3	25,04	3,906	4,055	7,8744	-0,1743	0,0442	16,63	76,64	r
191.	353,7	25,04	3,802	3,945	7,8819	-0,1668	0,0458	17,24	76,14	r
192.	354,1	25,04	3,697	3,837	7,8848	-0,1639	0,0429	16,14	77,04	r
193.	354,5	25,04	3,593	3,729	7,8907	-0,1580	0,0430	16,17	77,01	r
194.	354,9	25,04	3,489	3,621	7,8968	-0,1519	0,0433	16,27	76,93	r
195.	355,4	25,04	3,383	3,511	7,9018	-0,1469	0,0423	15,93	77,21	r
196.	355,8	25,04	3,280	3,404	7,9088	-0,1399	0,0435	16,38	76,84	r
197.	356,2	25,04	3,175	3,295	7,9148	-0,1339	0,0437	16,42	76,81	r
198.	356,6	25,04	3,071	3,186	7,9249	-0,1238	0,0479	18,02	75,49	r
199.	357,0	25,04	2,967	3,078	7,9262	-0,1225	0,0434	16,33	76,88	r
200.	357,4	25,04	2,862	2,970	7,9314	-0,1173	0,0428	16,09	77,08	r
201.	357,9	25,04	2,756	2,860	7,9389	-0,1098	0,0444	16,68	76,60	r
202.	358,3	25,04	2,653	2,753	7,9433	-0,1054	0,0430	16,16	77,02	r
203.	358,7	25,04	2,548	2,644	7,9506	-0,0981	0,0444	16,70	76,58	r
204.	359,1	25,04	2,444	2,535	7,9576	-0,0911	0,0456	17,13	76,23	r
205.	359,5	25,04	2,340	2,427	7,9621	-0,0866	0,0442	16,63	76,64	r
206.	360,0	25,04	2,236	2,319	7,9642	-0,0845	0,0405	15,24	77,77	r
207.	360,4	25,04	2,126	2,205	7,9706	-0,0781	0,0408	15,34	77,69	r
208.	360,8	25,04	2,022	2,097	7,9798	-0,0689	0,0441	16,59	76,67	r
209.	361,2	25,04	1,917	1,988	7,9881	-0,0606	0,0466	17,52	75,91	r
210.	361,7	25,04	1,809	1,876	7,9947	-0,0540	0,0471	17,73	75,74	r
211.	362,1	25,04	1,703	1,766	7,9977	-0,0510	0,0442	16,63	76,64	r
212.	362,5	25,04	1,600	1,659	8,0016	-0,0471	0,0423	15,92	77,22	r
213.	362,9	25,04	1,491	1,546	8,0084	-0,0403	0,0430	16,19	77,00	r
214.	363,4	25,04	1,387	1,438	8,0132	-0,0355	0,0420	15,80	77,31	r
215.	363,8	25,04	1,283	1,329	8,0185	-0,0302	0,0415	15,60	77,48	r
216.	364,2	25,04	1,177	1,219	8,0246	-0,0241	0,0417	15,67	77,43	r
217.	364,6	25,04	1,073	1,112	8,0317	-0,0170	0,0430	16,16	77,02	r
218.	365,0	25,04	0,968	1,003	8,0397	-0,0090	0,0451	16,95	76,37	r
219.	365,4	25,04	0,864	0,895	8,0446	-0,0041	0,0441	16,60	76,66	r
220.	365,9	25,04	0,760	0,786	8,0487	0,0000	0,0424	15,96	77,19	r
221.	366,3	25,04	0,656	0,678	8,0569	0,0082	0,0448	16,84	76,46	r
222.	366,7	25,03	0,550	0,569	8,0592	0,0105	0,0412	15,49	77,57	r
223.	367,1	25,03	0,447	0,461	8,0635	0,0148	0,0397	14,93	78,03	r
224.	367,5	25,03	0,342	0,352	8,0718	0,0231	0,0421	15,84	77,29	r
225.	368,0	25,03	0,238	0,244	8,0812	0,0325	0,0457	17,17	76,19	r
226.	368,4	25,03	0,133	0,135	8,0908	0,0421	0,0494	18,59	75,03	r

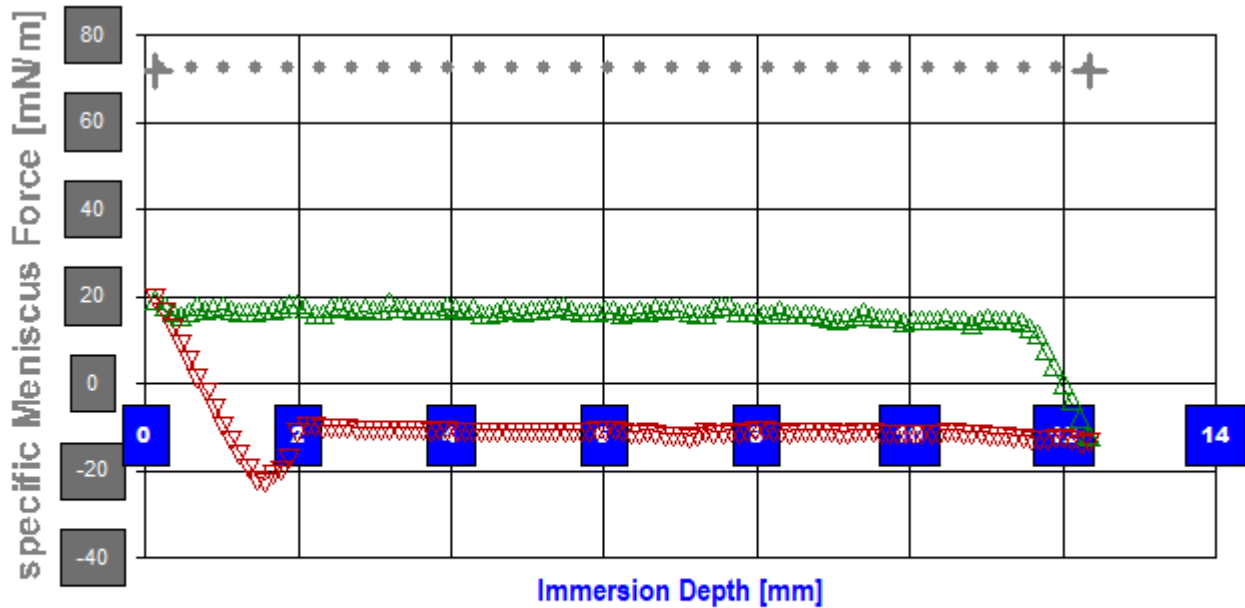
Diagramm 3.4: 'RawData' -- Acquired weights, raw data with buoyancy effects; corrected depths



--△-- Nominal Immersion
 --△-- Nominal Emersion
 --▽-- Corrected Immersion
 --△-- Corrected Emersion

- Das Diagramm "RawData" präsentiert die Gewichts- und Positionsdaten dieser Messung. Die roten Dreiecke bezeichnen die konvertierten Messwerte bei der Vorwärtsbewegung, die grünen gehören zu Auszugsbewegungen. Von den Gewichtsdaten wurden Proben- und Aufhängungsgewicht subtrahiert, so dass hier die reinen Benetzungs- und Auftriebskräfte abgebildet werden. Die Kurvenverläufe fallen nach rechts hin ab, weil der Auftrieb mit dem eintauchenden Probenvolumen zunimmt. Indem die Probe eintaucht steigt der Pegel in der Messzelle (Flüssigkeitsgefäß) und die durch die Steuerung vorgegebenen Tauchtiefen stimmen damit nicht mehr genau mit der tatsächlichen Eintauchtiefe überein. Im Diagramm werden die entsprechend korrigierten Eintauchtiefen mit 'True Immersion/Emersion' angezeigt.

Diagramm 4.4: 'spec.Triple-line Force' -- Data with respect to buoyancy: force at the tripleline



--▽-- Adv. spec. Force
 --△-- Rec. spec. Force
 --✦-- Surface Tension of Wasser

- Diagramm "spec.Triple-line Force": Die Eliminierung der Auftriebskräfte und Normierung der Benetzungskraft über den Probenumfang in der Phasengrenze ergibt die 'spezifische Benetzungskraft' pro Meter. Die roten Dreiecke sind die entsprechenden Werte bei der Vorwärtsbewegung, die grünen gehören zu Rückzugsbewegungen. Die 'specific Meniscus Force' d.h. die spezifische Benetzungskraft ist die Haftkraft, die unmittelbar an der Dreiphasengrenze angreift. Sie kann höchstens den Wert der Oberflächenspannung von Wasser erreichen, die im Diagramm als gestrichelte Linie eingetragen ist.

- **Temperaturangaben** beziehen sich auf die Skala der ITS-90. **Standardabweichungen:** Verschiedentlich werden Regressionsfunktionen mit Standardabweichungen bzw. Varianzen qualifiziert. Diese Angaben werden berechnet aus der Summe der Quadrate der Abweichungen der Einzelwerte zu jeweils berechneten Funktionswerten dividiert durch die Anzahl der Werte weniger 1. Sofern nicht anders bezeichnet, werden für \pm (Standardmess-)Unsicherheiten einfache Standardabweichungen - ohne Erweiterungsfaktoren - angegeben, d.h. die Überdeckung betrifft 67% normalverteilter Werte.
Form und Informationsfülle des Prüfberichts ist dadurch bedingt, dass Messdaten durch die zahlreichen Freiheitsgrade sehr vielgestaltig auftreten können. Die Variablen der Messung müssen vollständig dargestellt werden können, um verifizierbar zu sein. Vollständigkeit ist Voraussetzung für die Überprüfbarkeit und Haltbarkeit der Resultate sowie abgeleiteter Schlussfolgerungen. Nicht zuletzt erfordern einschlägige Bestimmungen (GxP, FDA cfr.11/21 etc.) zusammen mit schlicht zeitökonomischen Erwägungen diesen hiermit Großteils erledigten Aufwand. [Prüfberichte, wie dieser, werden dynamisch aus Metadaten erzeugt und benötigen daher sehr wenig Speicherplatz in der Datenbank]. Bei Routinemessungen und/oder für die evtl. parallel noch papieren geführte Ablage sollten die Prüfberichte zur Ressourcenschonung durch entsprechende Einstellungen der Formatier- und Ausgabeoptionen auf das Wesentliche gekürzt werden. Das ganze 'File', inklusive der zu Grunde liegenden Rohdaten, ist stets über die ID (hier Nummer 18747, Datenbank imeterData36) auffindbar und als Referenz oder Vergleich nutzbar. Ggf. enthalten nachfolgend ausgegebene Informationen, je nach Einstellungen und Berichtsvorlage (Stil = 'standard-i2'), verschieden detaillierte Begleitinformationen, wie die Angaben zur Ausführung der Messung, den Audit-Trail und Hinweise zur Prüfmittelüberwachung.

IMPro Execution & Audit-Trail

Data created during execution of the IMPro "*ContactAngle_atConstantLevel, 12.10.20, 65001*", type 4/4. Time Period of the Accomplishment: Okt., 12. 2020 between 22:22:52 and 22:29:10, elapsed time: six minutes. Automatic self-repetition of the IMPro - the 5. Repetition. IMPro finished as projected. The complete Report first was presented on Okt., 12.20 at 22:29. Audit-Log: The Original data is unchanged, nevertheless there are entries to the Log, made while the IMPro was executing:

Start of this IMPro 22:27:23, - **Backup of individual IMPro configuration, as follows:**

Time **Variables:** _Equi_Time 0,350s, ConditioningTime 0s, StirringTime 0s.

Abs. Positions/Way: Immersion_Depth 12mm, Platform_StartPosition 87mm.

Rel. Positions/Way: FeedRateAdv 0,2mm, FeedRateRec -0,2mm, FeedRate_for_adv_rec_turn -0,075mm.

Others: _Equi_Crit 0,0002g, _Equi_loops 10x, _Equi_loopsRepeater 1x, Stirrer-Speed 0rps.

y/n: (Auto)Repeat -1, Record_Air_Density -1, Temperature-Outside-Warning 0, Automatic_Thermostat_available 0, Pump 0.

The Number **18747** refers to the Recordset in the Database '*imeterData36*' where all Informations can be retrieved at any time.

Prüfmittel

Das Wägesystem (WZA224) wurde 6,5 Stunden vor dieser Messung von M. Breitwieser justiert. Die letzte vollständige Prüfung der Positioniervorrichtung von **IMETER** (ID23903733) erfolgte am 29.02.20. Technische Daten: Auflösung des Wägesystems 0,1 mg, Messunsicherheit (Linearität) 0,2 mg, Dichte der Justiermasse ρ_{cal} 8,00 g/cm³, Luftdichte ρ_{air} 1,116464 kg/m³; Schwerebeschleunigung g 9,80769 m/s². Pt100-Temperaturmessung: Auflösung 0,001 K, Messunsicherheit $\pm 0,01$ K, R° 100.0056 Ω , Kalibrierintervall 30 min (BN², -25/152°C, 3S, FS15,8, Korrekturfunktion: -0 +0,998743 $\cdot\theta^{\circ}$ C). Die Messauflösung der sekundären Temperaturmessung beträgt 0,01 K, die Unsicherheit 0,03 K. Akquisitions-Softwareversion IMETER 7.4.2, LizenzN^o *3037-4759*, Windows 6.2- Betriebssystem auf PC Ser.N^o6995684 (C, SSD).

Bei diesem Dokument handelt es sich um eine Begleitinformation bzw. Anlage zur Webseite:

<https://www.imeter.de/KontaktwinkelKonstanter>

... dort wird der Zusammenhang erklärt, in dem dieser Prüfbericht steht.

Nachtrag:

Das Dokument ist ein automatisch erstellter Prüfbericht. Es handelt sich um eine von mehreren Messwiederholungen. In der vorliegenden Dokumentation der Wiederholungsmessung fehlen die Angaben über die Eigenschaften der Messflüssigkeit, des Aufbaus sowie der Gewichtsbilanzen. Dies sei mit dem Folgenden Absatz nachgetragen:

ID N° 18742...

8/8

3. ===== Details on the Measurement and Setup =====

Sample: 'HDPE', **Form:** cylindric, diameter 8,3 mm.

Test Liquid: 'Wasser' at 25,039°C: density 0,995922 g/mL, surface tension 71,97 mN/m, viscosity 0,8893 mPa·s; Capillary length 2,71 mm.

Suspension/Fixation: by operator; measured weight at start 2,8424 g.

Vessel: tempered double wall measuring cell, height 140 mm; Surface area 1452 mm².

Conditioning: during 5,2 min in the measuring cell above the surface of the liquid.

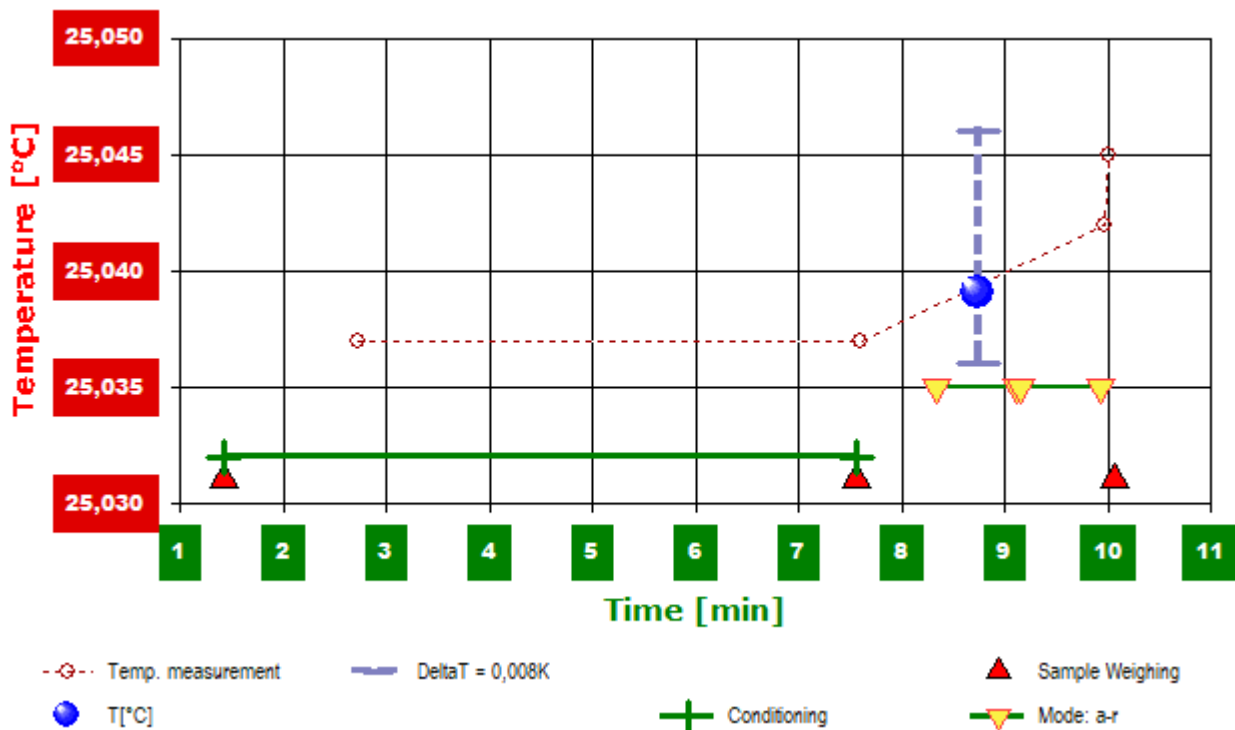
Sample Weight: at start 5,2062 g, after conditioning 5,2039 g, after the measurement 5,2172 g.

Loss in weight during conditioning -0,0023 g (-0,44‰) but different after measurement 0,0109 g (+2,1‰).

Measurement algorithm: dynamic CA-measurement, acquisition during constant movement to the maximum immersion of 11,881 mm. Duration for immersion 0,78 min, for emersion 0,78 min.

Time & Temperature: Messdauer zehn Minuten; Temperaturverlauf im gesamten Zeitraum ungefähr isotherm bei 25,04°C.

Diagramm 2.3: 'Temperature / Events' -- Survey on Temperature and Time



- Das Diagramm "Temperature / Events" dokumentiert neben der Flüssigkeitstemperatur der Messflüssigkeit (Wasser) die zeitliche Abfolge der Verfahrensschritte. Die Temperaturmesswerte sind als kleine Kreise abgebildet; die kugelförmige Marke gibt die der Messung insgesamt beigeordnete Temperatur an (25,039°C). Markierungen auf der horizontalen grünen Linie bilden das Zeitintervall der Konditionierung ab, das auf das Einsetzen der Probe folgt. Weitere gelbe Dreiecke auf der waagerechten Linie umschließen jeweilige Zeiträume der Messmodi ('a-r' bedeutet Vorwärts- und Umkehrbewegung). Die roten Dreiecke ganz unten zeigen Zeitpunkte der Wägung der HDPE-Probe.

...