

ACHTUNG dieses Dokument stellt nur ein formales Beispiel für ein automatisch generierten IMETER Prüfbericht dar!

automatic Report, IMETER / MSB Breitwieser, Augsburg, 26. Jan 23

## ID N° 12467 - Contact Angle & Surface Free Energy - M4

Executed on Aug 15, 2013, by M. Breitwieser

c3.Platte: PTFE-Platte / 1mm / Zuschnitt

Platte lag ~18h an Luft im Raum (ohne Oberflächenkontakt) - OFS Wasser geprüft (73) OK. Luftgesättigt!?!

Contact Angle Measurement between Wasser and PTFE-1mm, result:  $\theta_c = 96^\circ$  stat. 20,01°C

Surface Free Energy of PTFE-1mm by  $\theta_c$ , 3 Records:  $\gamma_s 22 \pm 0,53$ ,  $\gamma_s^d 19,25$ ,  $\gamma_s^p 2,75$  mJ/m<sup>2</sup>

### Report

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

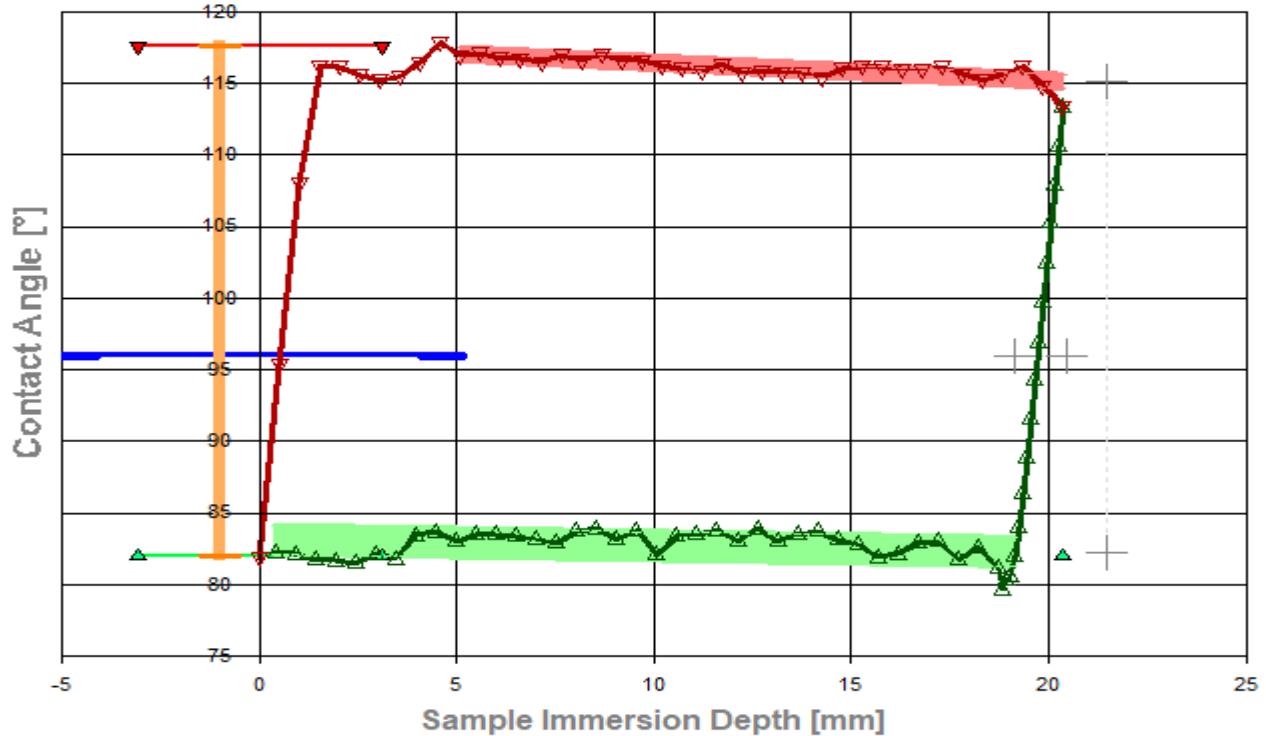
**Prinzip:** Die Kontaktwinkelmessung nach der sog. 'Wilhelmy-Methode' beruht auf Kraftmessungen (z.B.) an einer dünnen Platte, die senkrecht mit einer Flüssigkeitsoberfläche in Kontakt gebracht wird. Indem die Platte die Flüssigkeitsoberfläche berührt und in sie hineinbewegt wird, formt sich die Flüssigkeit 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  $\theta$  (Theta). Der bei der Vorwärtsbewegung auftretende Benetzungswinkel wird Advancing-Kontaktwinkel  $\theta_A$ , der beim Herausziehen gemessene wird Receding-Kontaktwinkel  $\theta_R$  genannt. Der Unterschied beider ( $\theta_A - \theta_R$ ) ist die Kontaktwinkelhysterese (CAH).

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

**Praktisch:** In der vorliegenden Messung wird der 'PTFE-1mm'-Prüfkörper nach Ermittlung des Oberflächenniveaus unter stufenweisem Vorschub in die Flüssigkeit Wasser hineinbewegt und wieder herausgezogen, wodurch statische Kontaktwinkel bestimmt werden. Wobei vor jeder Weiterbewegung eine definierte Kraftstabilisierung abgewartet werden kann. Die dadurch ermöglichte 'statische Kontaktwinkelmessung' (beruht auf dem IMETER Patent DE 4412405 und) liefert die oft physikalisch geforderten Messungen im Gleichgewicht. Diese Steuerungstechnik liefert eine Stabilisierungszeit  $t_s$ , die als weitere Qualität der Stoffinteraktion zur Verfügung steht. Für jede der 72 Messpositionen wird der jeweilige Kontaktwinkel  $\theta_A$  bzw.  $\theta_R$  unabhängig berechnet. Die Ergebnis-Kontaktwinkel werden aus diesen Einzelwerten durch lineare Regressionen bestimmt. Die zugehörige Standardabweichung kann zur Charakterisierung der Einheitlichkeit der Probenoberfläche dienen. Zusätzlich wurde am Ende dieser Messung die Probe um 2,9 mm über die Kontaktposition hinaus abgezogen, so dass eine Kapillarbrücke gebildet wurde. Über diese capillary bridge (cb) kann - eventuell bei perfekten Kanten der Probe - die Oberflächenspannung der Flüssigkeit bzw. die Korrektheit der Geometrieangabe der Prüfkörperstirnseite verifiziert werden. **Synoptische Auswertung:** Mit 'PTFE-1mm' wurden 2 weitere Kontaktwinkelmessungen mit anderen Flüssigkeiten durchgeführt - wodurch die Oberflächenenergie von 'PTFE-1mm' berechnet werden kann.

**Information:** Die IMETER M4-Methoden-Beschreibung bietet unter

<https://www.imeter.de/imeter-methoden/kapillaritaet-kontaktwinkel-sorptivitaet/methode-m4.html> Informationen zu Verfahren und Berechnungen. Dieser automatisch generierte Bericht ist mit Kommentaren und Erklärungen versehen. Diese sind formatiert wie dieser Text.



Adv. Angles  
Rec. Angles  
Std.Dev. - Adv.

Std.Dev. - Rec.  
CA Adv. = 117,6 ± 0,5°  
CA Rec. = 82 ± 1°

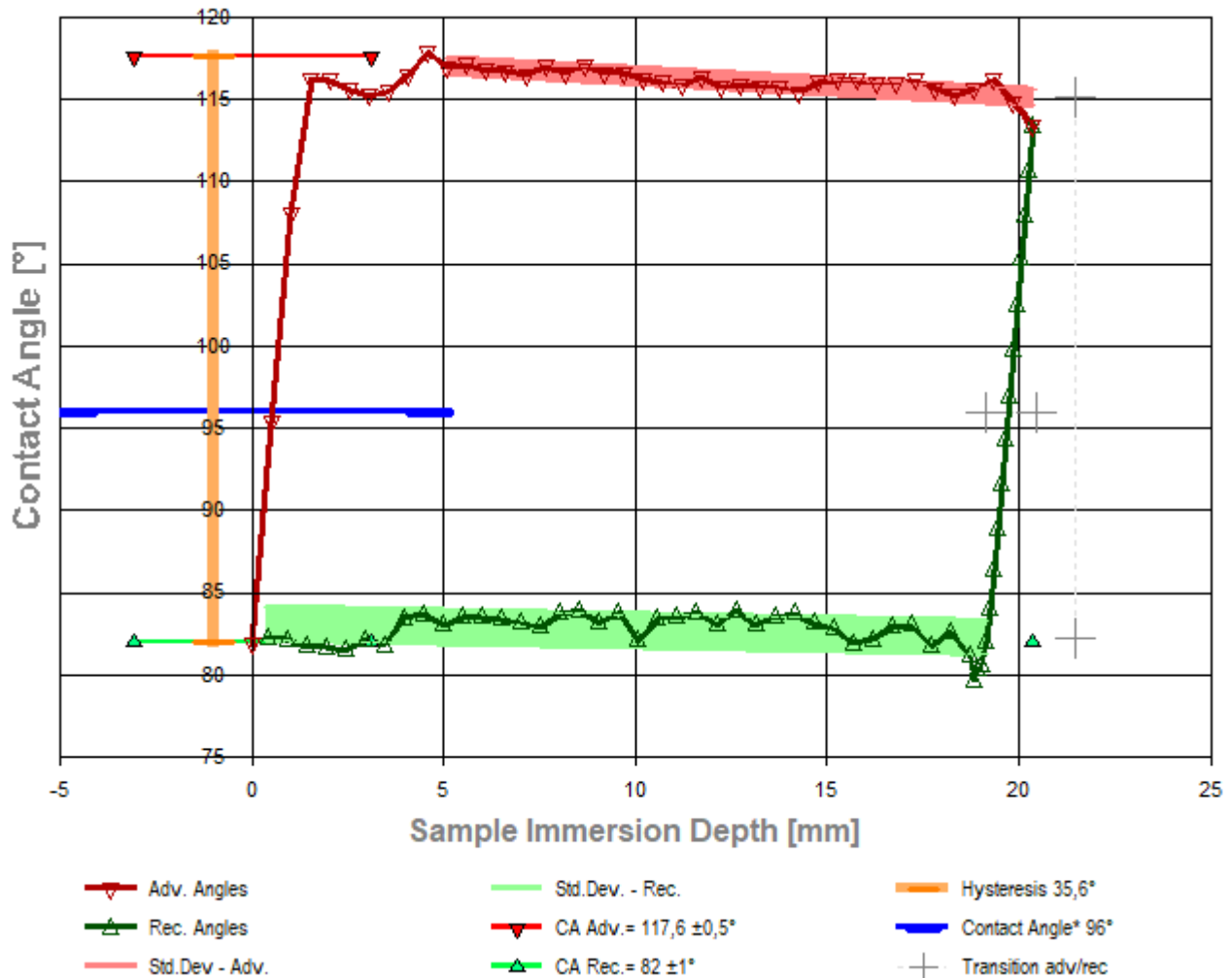
Hysteresis 35,6°  
Contact Angle\* 96°  
Transition adv/rec

## 2. ===== Static Contact Angle Results =====

Wasser ↔ PTFE-1mm		3rd Phase is air / Wasser-vapor, measurement at $\vartheta=20,0^{\circ}\text{C}$	
Contact Angle, CA $\theta_c$ :	96°, $\theta_M = 100^{\circ}$		
Contact Angle Hysteresis, CAH :	36°		
	Advancing $\theta_A$	Receding $\theta_R$	Transition 1,301 mm
Contact Angles, $\theta$ :	117,6°	82°	adv.115,1° rec.82°
Standard Deviation s :	$\pm 0,5^{\circ}$	$\pm 1^{\circ}$	$\pm 0,6^{\circ}$
Slope of Regr.curve [°/mm] :	-0,124	-0,0442	25,2
Correlation coefficient $r^2$ :	0,59	0,06	0,9972
Valid CA-Measurements n :	31	41	13
Step scan distance $\Delta h_0$ [mm] :	0,49990 $\pm$ 0,00030	-0,49988 $\pm$ 0,00032	-9,9999999999997E-02 $\pm$ 5E-9
avg. leveling Time $t_L$ [s] :	11,1 $\pm$ 3,3	4,5 $\pm$ 1,0	3,8 $\pm$ 2,0

- The table above presents the summary of this Contact Angle Measurement. The equilibrium Contact Angle  $\theta_c$  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  $\theta_M$ . 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 medially leveling Time  $t_L$  is the mean of the time between positioning and reaching the final wetting force. The criterion therefore is defined in the utilized IMPro. The change of the direction from advancing to receding - where the contact line is pinned and only the angle is changing from advancing to receding - is analyzed within the column 'Transition'. The Diagram below is presenting these results and further details in a graphical way.

- Diagramm 1.2: 'Contact Angle<sup>21</sup>' -- 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 flatface front of the sample touches the surface of the liquid, to the right the depth of immersion increases. This 'immersion depth' indicates the calculated position of the three-phase boundary on the sample surface. 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 where the triple line behaves like being pinned to the solid surface. The height of this step equals 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 advancing angle  $\theta_A$  is determined by the regression equation for the immersion depth '0'; the receding angle  $\theta_R$  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  $\theta_c$  is shown in blue.

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

**Sample:** 'PTFE-1mm', **Form:** cubic plate, face dimension 25 x 1,05 mm.

**Test Liquid:** 'Wasser' at 20,01°C: density 0,997093 g/mL, surface tension 72,753 mN/m, viscosity 1,008 mPa·s; Capillary length 2,73 mm.

**Suspension/Fixation:** by operator; measured weight at start 19,1676 g.

**Vessel:** tempered double wall measuring cell, height 140 mm, inclosing sample and liquid at coherent temperature and atmosphere; Surface area 1452 mm<sup>2</sup>.

**Conditioning:** during 5,1 min in the measuring cell above the surface of the liquid.

**Sample Weight:** at start -0,2 mg, after conditioning -0,1 mg, after the measurement 0,3 mg.

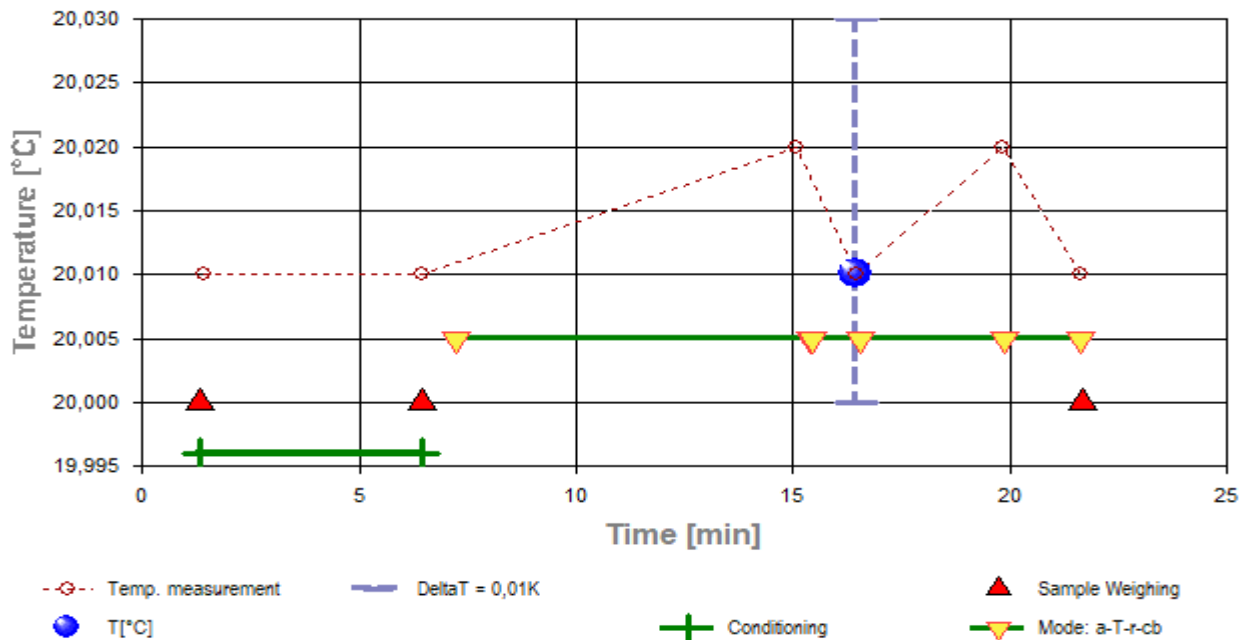
Gain in weight during conditioning 0,1 mg and after measurement 0,5 mg.

**Measurement algorithm:** static CA-measurement, acquisition of equilibrated values, stepwise movement to the maximum immersion of 19,996 mm. Positions geometrical corrected e.g. at max immersion to 20,375 mm.

Duration for immersion 8,2 min, for emersion 6,0 min.

**Time & Temperature:** Messdauer 20 Minuten; Temperaturverlauf im gesamten Zeitraum etwa isotherm bei 20,01°C.

→ Diagramm 2.3: 'Temperature & Events<sup>21</sup>' -- Survey on Temperature and Time



- Das Diagramm "Temperature & Events<sup>21</sup>" dokumentiert neben der Flüssigkeitstemperatur der Messfluids (Wasser) die zeitliche Abfolge der Verfahrensschritte. Die Temperaturmesswerte sind als kleine Kreise abgebildet; die kugelförmige Marke gibt die der Messung insgesamt beigeordnete Temperatur an (20,01°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-T-r-cb' bedeutet Vorwärts-, Umkehr-, Rückwärtsbewegung sowie Kapillarbrückenmessung). Die roten Dreiecke ganz unten zeigen Zeitpunkte der Wägung der PTFE-1mm-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.  $t_L$  is the levelling time - to reach the equilibrated force after positioning (static measurement). The nominal distance between the sample bottom flatface and the liquid surface is given by  $h_0$ . Whilst  $h_{corr.}$  stands for the corrected immersion depth. 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,  $\theta$  gives the Contact Angle and  $chr$  reflects the advancing resp. receding state; cb tags values of the 'capillary bridge'.

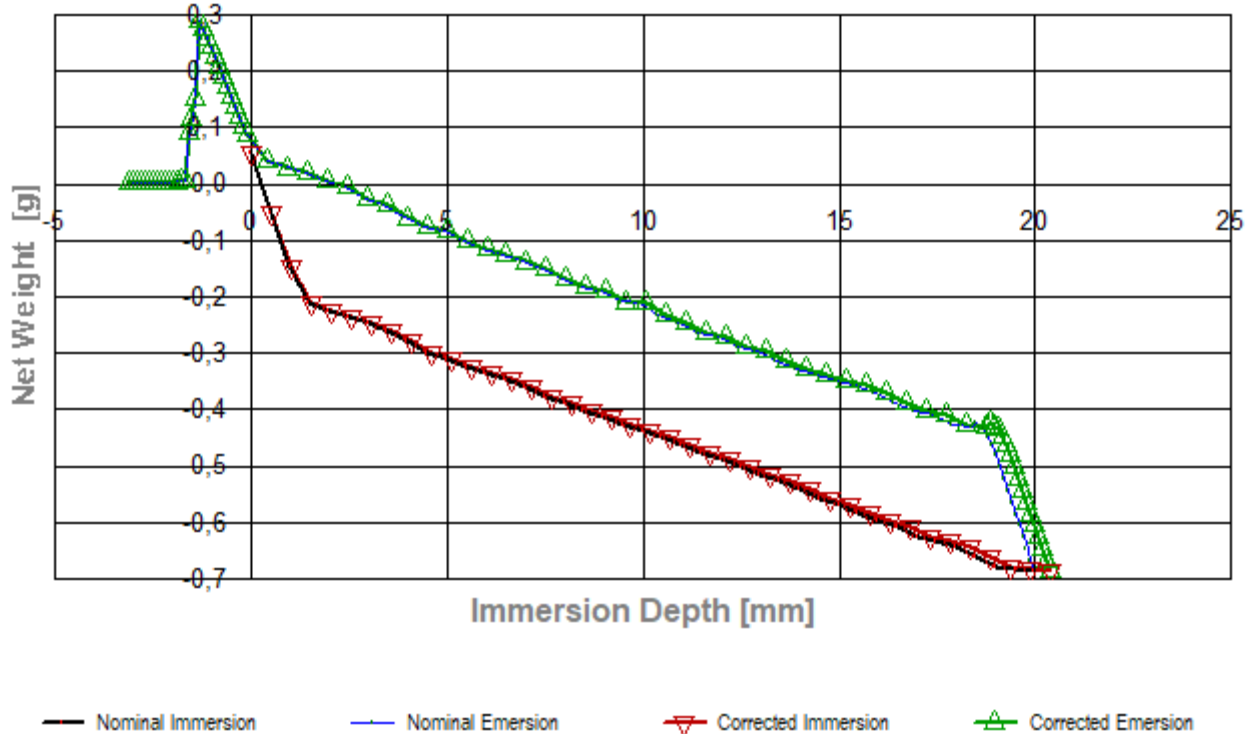
Tabelle 1.4: Data table

N°	$t$ [min]	$t_L$ [sec]	$h_0$ [mm]	$h_{corr.}$ [mm]	$w_{tot.}$ [g]	$w_{corr.}$ [g]	$w_{men.}$ [g]	$F/p$ [mN/m]	$\theta$ [°deg]	$chr$ --
1.	7,2	3,2	0,000	-0,004	19,2222	0,0548	0,0547	10,30	81,86	a
2.	7,3	2,1	0,500	0,512	19,1182	-0,0492	-0,0358	-6,74	95,31	a
3.	7,4	4,9	1,000	1,027	19,0211	-0,1463	-0,1194	-22,48	108,00	a
4.	7,5	8,4	1,500	1,539	18,9566	-0,2108	-0,1705	-32,09	116,18	a
5.	7,8	13,0	2,000	2,049	18,9434	-0,2240	-0,1704	-32,07	116,15	a

6.	8,0	11,1	2,499	2,557	18,9336	-0,2338	-0,1669	-31,41	115,58	a
7.	8,2	13,2	2,999	3,066	18,9225	-0,2449	-0,1646	-30,99	115,21	a
8.	8,4	10,4	3,499	3,575	18,9075	-0,2599	-0,1663	-31,31	115,49	a
9.	8,6	10,5	3,999	4,085	18,8882	-0,2792	-0,1723	-32,43	116,47	a
10.	8,7	7,4	4,499	4,594	18,8665	-0,3009	-0,1806	-34,00	117,86	a
11.	8,9	9,1	4,999	5,103	18,8589	-0,3085	-0,1749	-32,93	116,91	a
12.	9,1	9,3	5,499	5,612	18,8444	-0,3230	-0,1761	-33,15	117,10	a
13.	9,3	10,7	5,999	6,121	18,8331	-0,3343	-0,1741	-32,77	116,77	a
14.	9,4	9,8	6,499	6,631	18,8203	-0,3471	-0,1735	-32,67	116,68	a
15.	9,6	11,3	6,998	7,139	18,8082	-0,3592	-0,1723	-32,44	116,48	a
16.	9,8	10,2	7,498	7,648	18,7918	-0,3756	-0,1754	-33,02	116,99	a
17.	10,1	17,5	7,998	8,157	18,7810	-0,3864	-0,1729	-32,54	116,57	a
18.	10,3	10,8	8,498	8,667	18,7649	-0,4025	-0,1756	-33,06	117,03	a
19.	10,6	13,5	8,998	9,176	18,7542	-0,4132	-0,1730	-32,57	116,59	a
20.	10,7	8,9	9,498	9,685	18,7410	-0,4264	-0,1729	-32,55	116,57	a
21.	10,9	11,4	9,998	10,194	18,7298	-0,4376	-0,1708	-32,15	116,22	a
22.	11,1	11,2	10,498	10,703	18,7176	-0,4498	-0,1696	-31,93	116,04	a
23.	11,4	13,3	10,998	11,212	18,7055	-0,4619	-0,1684	-31,70	115,84	a
24.	11,6	9,7	11,497	11,720	18,6891	-0,4783	-0,1715	-32,29	116,35	a
25.	11,8	12,9	11,997	12,229	18,6796	-0,4878	-0,1677	-31,57	115,72	a
26.	12,0	11,6	12,497	12,739	18,6653	-0,5021	-0,1687	-31,75	115,87	a
27.	12,2	11,6	12,997	13,248	18,6526	-0,5148	-0,1680	-31,63	115,77	a
28.	12,5	14,6	13,497	13,757	18,6396	-0,5278	-0,1677	-31,57	115,72	a
29.	12,7	13,0	13,997	14,266	18,6282	-0,5392	-0,1658	-31,21	115,40	a
30.	13,0	13,3	14,497	14,776	18,6110	-0,5564	-0,1696	-31,94	116,04	a
31.	13,2	11,7	14,997	15,285	18,5970	-0,5704	-0,1703	-32,06	116,15	a
32.	13,4	11,5	15,497	15,794	18,5836	-0,5838	-0,1704	-32,08	116,16	a
33.	13,6	12,0	15,996	16,302	18,5714	-0,5960	-0,1693	-31,87	115,98	a
34.	13,9	15,9	16,496	16,811	18,5582	-0,6092	-0,1692	-31,84	115,96	a
35.	14,1	11,9	16,996	17,321	18,5435	-0,6239	-0,1705	-32,10	116,18	a
36.	14,2	7,6	17,496	17,830	18,5335	-0,6339	-0,1672	-31,48	115,64	a
37.	14,5	13,7	17,996	18,339	18,5226	-0,6448	-0,1648	-31,02	115,24	a
38.	14,7	9,1	18,496	18,848	18,5070	-0,6604	-0,1671	-31,45	115,61	a
39.	14,9	12,5	18,996	19,357	18,4902	-0,6772	-0,1705	-32,10	116,18	a
40.	15,1	9,9	19,496	19,866	18,4858	-0,6816	-0,1616	-30,42	114,72	a
41.	15,4	20,8	19,996	20,375	18,4811	-0,6863	-0,1530	-28,80	113,32	a
42.	15,4	2,1	19,896	20,272	18,5004	-0,6670	-0,1364	-25,68	110,67	r
43.	15,5	2,4	19,796	20,169	18,5205	-0,6469	-0,1190	-22,40	107,93	r
44.	15,5	2,6	19,696	20,066	18,5405	-0,6269	-0,1017	-19,14	105,25	r
45.	15,6	2,1	19,596	19,962	18,5617	-0,6057	-0,0832	-15,66	102,43	r
46.	15,6	3,2	19,496	19,859	18,5822	-0,5852	-0,0654	-12,31	99,74	r
47.	15,7	2,1	19,396	19,756	18,6038	-0,5636	-0,0465	-8,75	96,91	r
48.	15,7	2,6	19,296	19,653	18,6242	-0,5432	-0,0288	-5,42	94,27	r
49.	15,7	2,6	19,196	19,550	18,6455	-0,5219	-0,0102	-1,916	91,51	r
50.	15,8	3,3	19,096	19,447	18,6664	-0,5010	0,0080	1,509	88,81	r
51.	15,8	3,0	18,996	19,344	18,6857	-0,4817	0,0246	4,635	86,35	r
52.	15,9	4,5	18,896	19,241	18,7041	-0,4633	0,0403	7,59	84,01	r
53.	16,0	5,7	18,796	19,138	18,7201	-0,4473	0,0536	10,10	82,02	r
54.	16,1	5,2	18,696	19,036	18,7322	-0,4352	0,0631	11,87	80,61	r
55.	16,2	8,6	18,596	18,934	18,7371	-0,4303	0,0653	12,29	80,27	r
56.	16,3	7,3	18,496	18,832	18,7444	-0,4230	0,0699	13,16	79,58	r
57.	16,4	7,0	18,396	18,731	18,7368	-0,4306	0,0597	11,23	81,12	r
58.	16,6	5,8	17,896	18,222	18,7401	-0,4273	0,0497	9,35	82,62	r
59.	16,7	5,8	17,396	17,712	18,7591	-0,4083	0,0553	10,41	81,77	r
60.	16,8	5,0	16,896	17,204	18,7641	-0,4033	0,0470	8,85	83,01	r
61.	16,9	6,9	16,396	16,695	18,7783	-0,3891	0,0479	9,01	82,88	r
62.	17,0	3,6	15,896	16,185	18,7965	-0,3709	0,0527	9,93	82,16	r
63.	17,1	6,4	15,397	15,677	18,8115	-0,3559	0,0544	10,25	81,90	r
64.	17,2	4,6	14,897	15,168	18,8187	-0,3487	0,0483	9,10	82,82	r
65.	17,3	6,2	14,397	14,659	18,8299	-0,3375	0,0462	8,70	83,13	r
66.	17,5	2,8	13,897	14,150	18,8394	-0,3280	0,0424	7,98	83,70	r
67.	17,5	4,5	13,397	13,641	18,8540	-0,3134	0,0436	8,22	83,52	r
68.	17,6	3,9	12,897	13,131	18,8707	-0,2967	0,0470	8,85	83,01	r
69.	17,7	4,5	12,397	12,622	18,8783	-0,2891	0,0413	7,77	83,87	r
70.	17,8	3,7	11,897	12,113	18,8974	-0,2700	0,0471	8,86	83,01	r
71.	17,9	5,0	11,397	11,604	18,9054	-0,2620	0,0417	7,86	83,80	r
72.	18,0	3,9	10,898	11,096	18,9208	-0,2466	0,0438	8,25	83,49	r
73.	18,0	4,5	10,398	10,586	18,9344	-0,2330	0,0441	8,30	83,45	r
74.	18,1	3,9	9,898	10,077	18,9571	-0,2103	0,0535	10,06	82,05	r
75.	18,2	3,4	9,398	9,568	18,9586	-0,2088	0,0417	7,84	83,81	r
76.	18,3	3,2	8,898	9,059	18,9766	-0,1908	0,0463	8,72	83,12	r
77.	18,4	4,8	8,398	8,550	18,9845	-0,1829	0,0409	7,70	83,92	r
78.	18,5	3,6	7,898	8,040	18,9992	-0,1682	0,0423	7,96	83,72	r
79.	18,5	5,0	7,398	7,531	19,0179	-0,1495	0,0476	8,97	82,92	r
80.	18,6	3,6	6,898	7,022	19,0296	-0,1378	0,0460	8,66	83,16	r
81.	18,7	4,3	6,399	6,514	19,0414	-0,1260	0,0445	8,38	83,39	r
82.	18,8	4,5	5,899	6,005	19,0542	-0,1132	0,0440	8,28	83,47	r

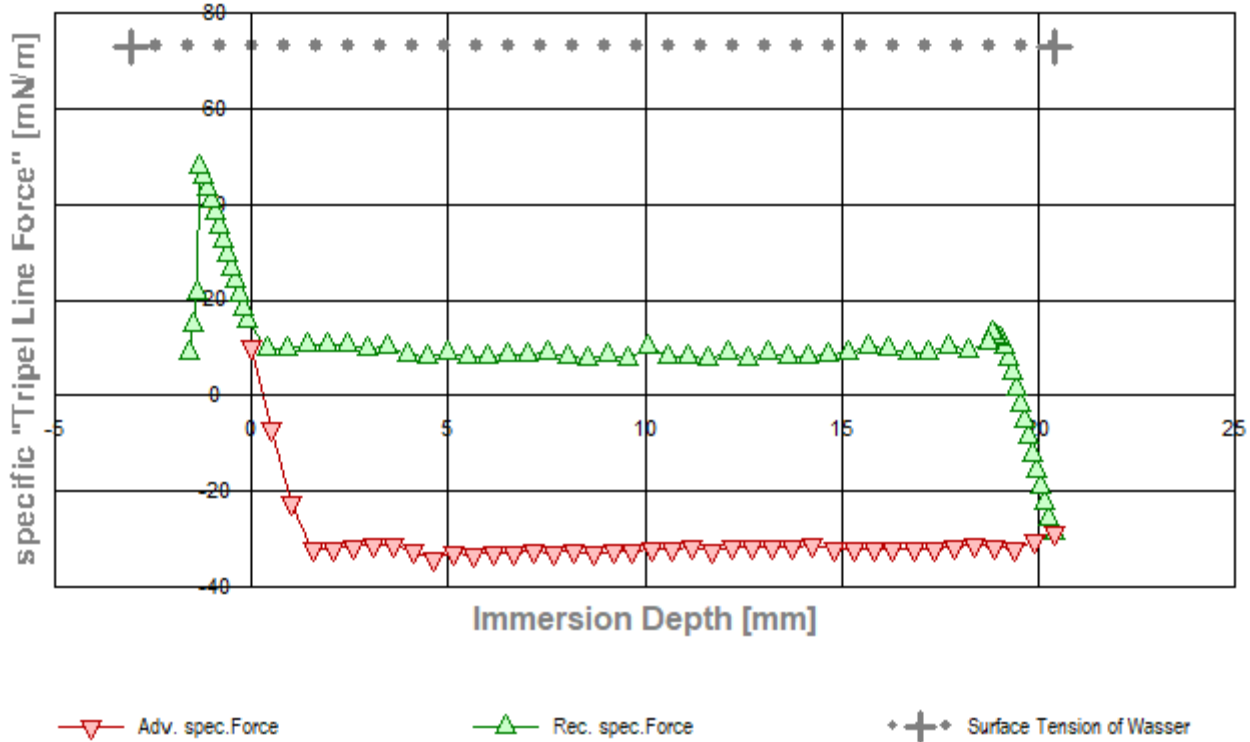
83.	18,9	5,2	5,399	5,495	19,0675	-0,0999	0,0440	8,27	83,47	r
84.	19,0	3,4	4,899	4,986	19,0838	-0,0836	0,0469	8,83	83,03	r
85.	19,1	4,5	4,399	4,477	19,0927	-0,0747	0,0425	8,00	83,69	r
86.	19,2	5,1	3,899	3,968	19,1077	-0,0597	0,0442	8,32	83,44	r
87.	19,3	3,5	3,399	3,458	19,1321	-0,0353	0,0552	10,40	81,78	r
88.	19,4	3,6	2,899	2,949	19,1430	-0,0244	0,0528	9,94	82,15	r
89.	19,4	3,7	2,399	2,439	19,1610	-0,0064	0,0575	10,82	81,45	r
90.	19,5	3,3	1,900	1,931	19,1730	0,0056	0,0562	10,57	81,71	r
91.	19,6	3,5	1,400	1,422	19,1859	0,0185	0,0557	10,49	81,71	r
92.	19,7	3,9	0,900	0,913	19,1963	0,0289	0,0528	9,94	82,15	r
93.	19,7	4,8	0,400	0,404	19,2092	0,0418	0,0524	9,86	82,21	r
94.	19,8	2,9	-0,100	-0,106	19,2542	0,0868	0,0841	15,82		cb
95.	19,9	4,1	-0,200	-0,207	19,2695	0,1021	0,0967	18,21		cb
96.	20,0	3,1	-0,300	-0,308	19,2880	0,1206	0,1126	21,19		cb
97.	20,0	3,3	-0,400	-0,409	19,3057	0,1383	0,1276	24,02		cb
98.	20,1	5,7	-0,500	-0,510	19,3222	0,1548	0,1415	26,63		cb
99.	20,2	5,4	-0,600	-0,611	19,3398	0,1724	0,1564	29,45		cb
100.	20,3	3,8	-0,700	-0,712	19,3579	0,1905	0,1719	32,36		cb
101.	20,3	2,8	-0,800	-0,813	19,3764	0,2090	0,1877	35,34		cb
102.	20,4	2,6	-0,900	-0,914	19,3939	0,2265	0,2026	38,14		cb
103.	20,4	3,6	-1,000	-1,015	19,4102	0,2428	0,2163	40,71		cb
104.	20,5	2,4	-1,100	-1,116	19,4265	0,2591	0,2299	43,28		cb
105.	20,5	2,2	-1,200	-1,217	19,4426	0,2752	0,2434	45,81		cb
106.	20,6	2,8	-1,300	-1,318	19,4564	0,2890	0,2545	47,91		cb
107.	20,6	3,5	-1,400	-1,408	19,3177	0,1503	0,1135	21,36		cb
108.	20,7	3,0	-1,500	-1,505	19,2844	0,1170	0,0776	14,61		cb
109.	20,7	5,0	-1,600	-1,603	19,2573	0,0899	0,0480	9,03		cb
110.	20,8	2,9	-1,700	-1,697	19,1718	0,0044	-0,0400	-7,53		cb
111.	20,9	4,6	-1,800	-1,797	19,1717	0,0043	-0,0427	-8,04		cb
112.	21,0	2,6	-1,900	-1,897	19,1715	0,0041	-0,0455	-8,57		cb
113.	21,0	2,8	-2,000	-1,997	19,1714	0,0040	-0,0482	-9,08		cb
114.	21,1	2,6	-2,100	-2,096	19,1713	0,0039	-0,0509	-9,59		cb
115.	21,1	3,7	-2,200	-2,196	19,1712	0,0038	-0,0537	-10,10		cb
116.	21,2	3,1	-2,299	-2,295	19,1710	0,0036	-0,0565	-10,63		cb
117.	21,2	2,6	-2,399	-2,395	19,1710	0,0036	-0,0591	-11,12		cb
118.	21,3	2,9	-2,499	-2,495	19,1708	0,0034	-0,0619	-11,65		cb
119.	21,3	2,8	-2,599	-2,595	19,1707	0,0033	-0,0646	-12,16		cb
120.	21,4	3,1	-2,699	-2,694	19,1705	0,0031	-0,0674	-12,69		cb
121.	21,4	2,6	-2,799	-2,794	19,1705	0,0031	-0,0700	-13,18		cb
122.	21,5	2,2	-2,899	-2,894	19,1704	0,0030	-0,0727	-13,69		cb
123.	21,5	2,8	-2,999	-2,994	19,1703	0,0029	-0,0754	-14,20		cb
124.	21,6	2,6	-3,099	-3,094	19,1702	0,0028	-0,0781	-14,71		cb

- Diagramm 3.4: 'RawData<sup>2</sup>' -- Acquired weights, raw data with buoyancy effects; corrected lengths



- Das Diagramm "RawData2" präsentiert Nettogewichts- und Positionsdaten der Messung. Die roten Dreiecke bezeichnen die Messwerte  $W_{corr}$  bei der Vorwärtsbewegung (adv.), die grünen Dreiecke gehören zu Auszugsbewegungen (rec.). Von den Gewichtsdaten sind Proben- und Aufhängungsgewicht subtrahiert, so dass hier nur Benetzungs- und Auftriebskräfte abgebildet werden. Die Kurvenverläufe fallen mit der Eintauchtiefe durch den zunehmenden Auftrieb, der das Gewicht verringert. Im Diagramm sind je zwei Graphen für adv.- und rec.-Werte eingetragen, für nominelle (*nominal*,  $h_0$ ) und korrigierte Werte (*corrected*,  $h_{corr}$ ). Bei den korrigierten Werten wird der Pegelanstieg durch das Eigenvolumen der Probe berücksichtigt. Weiterhin zeigt das Diagramm noch Werte zu *negativen Eintauchtiefen*. Diese Wertepaare gehören der *Kapillarbrücke* an, die sich beim Herausziehen der Probe über das Flüssigkeitsniveau deutlich ausbilden kann, wenn die Probe scharfkantig ist.

→ Diagramm 4.4: 'Triple-line Force²' -- Data with respect to buoyancy: force at the tripleline



- Diagramm "Triple-line Force²": 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. Diese spezifische Kraft dürfte höchstens den Wert der Oberflächenspannung von Wasser erreichen (im Diagramm als grau-gepunktete Linie eingezeichnet).

## Oberflächenenergie von 'PTFE-1mm'

Zur Bestimmung der Oberflächenenergie werden zusätzliche Kontaktwinkelmessungen mit anderen Fluiden benötigt. Die entsprechenden Messergebnisse wurden von M4 zusammengestellt. Die Berechnungen beruhen damit sowohl auf den Gleichgewichtskontaktwinkeln  $\theta_c$ , den Komponentendaten der Fluide und den jeweiligen Grenzflächenarithmetiken.

### 5. ===== Übersicht der Kontaktwinkelmessungen =====

Tabelle 2.5: Ausgangsdaten und Ergebniszusammenfassung zu PTFE-1mm

IDN°	$\theta_A$	$\theta_R$	CA-Hyst.	$\theta_c$	Fluid	$\gamma$	$\gamma^d, \gamma^{LW}$	$\gamma^p$	$\gamma^{(+)}$	$\gamma^{(-)}$
12467	117,6	82	36	96°	Wasser	72,8	21,8	51	25,5	25,5
12431	81,9	67	15	74°	Ethylenglykol	48	30,9	17,1	1,92	47 x
13175	42,3	28	14	35°	Ethylacetat	23,9	23,9	0	n.a.	n.a.

- Die Tabelle stellt die Informationen für die Beurteilung der einzelnen Messungen sowie für die Bestimmung der Oberflächenenergie zusammen. Die IDN° identifiziert die Messung; anhand der Kontaktwinkeldaten kann die Integrität der jeweiligen Messungen geprüft werden. Rechts in der Tabelle sind die Daten zur Oberflächenenergie der Fluide - stets in der Einheit mN/m bzw. mJ/m² - angeführt: Die *Oberflächenspannung*  $\gamma$ , ihr dispersiver  $\gamma^d$  bzw. Lifshitz-Van der Waals Anteil  $\gamma^{LW}$ , ihr polarer  $\gamma^p$  bzw.  $\gamma^{AB}$  und wobei die Lewis-Säure-Base-Komponenten in den Spalten  $\gamma^{(+)}$  und  $\gamma^{(-)}$  angeführt werden. Die Tabelle enthält somit sämtliche Ausgangsdaten für die Berechnung der ausgewiesenen Ergebnisse zur Oberflächenenergie; die genutzten Resultate stammen aus der Datenbank 'imeterData29'. Das Zeichen "x" kennzeichnet uneinheitliche Komponentendaten zu Auswertung(en) nach 'OGC' (vgl. weiter unten). Vorliegend drei Datensätze, darunter eine Messungen mit rein dispersen und zwei mit polaren Testflüssigkeiten.

## 6. ===== Oberflächenenergie, verschiedene Berechnungsmodelle =====

*Tabelle 3.6: Zusammenstellung der verfügbaren OFE-Berechnungsmodelle für PTFE-1mm*

AID	Methode	$\gamma_s$	$\gamma_s^d$	$\gamma_s^p$	
(1)	<b>OWRK</b>	<b>22,01 ±0,53</b>	<b>19,25</b>	<b>2,75</b>	<b>(n=3)</b>
(4)	Fowkes <sup>LEQ</sup>	21,91 ±0,52	19,17	2,74	
(6)	Fowkes <sup>Ext.</sup>	$\gamma_s$	$\gamma_s^d$	$\gamma_s^{p+h}$	(n=3) ☒
		22,27	19,77	2,50	
(7)	OGC <sup>I</sup>	$\gamma_s$	$\gamma_s^{LW}$	$\gamma_s^{AB}$	(n=3)
		18,37	13,83	4,54	

- 'AID' steht für Auswertungsidentnummer; 'Methode' ist die Kurzbezeichnung des Rechenverfahrens; Die gesamte Oberflächenenergie ist in der Spalte  $\gamma_s$  angegeben nebst der Standardabweichung. Die Spalten  $\gamma_s^d$  und  $\gamma_s^p$  bezeichnen die dispersiven und polaren Komponenten. Die Angabe (n=3) referiert die Anzahl der für die jeweilige Berechnung verfügbaren Datensätze. Die als Ergebnis gewählte Auswertung ist **fett** gedruckt und unterstrichen, das alternative Zwei-Komponenten Ergebnis nur **fett** gesetzt. Als ' $\gamma_s$ -Ergebnis' wurde AID 8 vom Prüfer bestimmt.

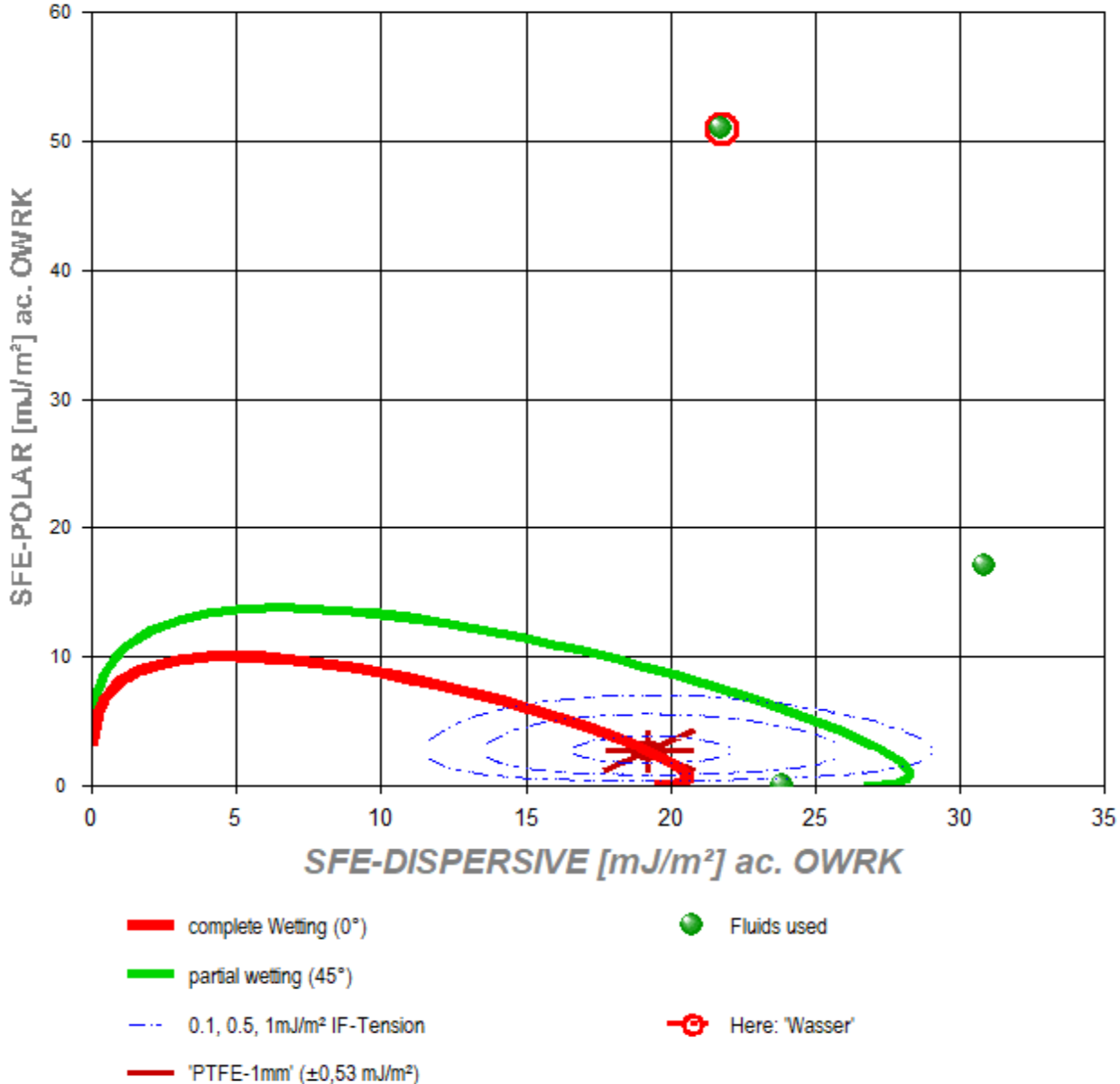
'OWRK' steht für das Verfahren nach 'Owens, Wendt, Rabel und Kaelble' - die entsprechende Diagrammdarstellung ist unterhalb mit Erklärungen verfügbar. 'Fowkes<sup>LEQ</sup>' steht für Linear Equation, die mathematisch gerechte(ste) Art der Behandlung: Das Lineare Gleichungssystem wird nach der 'Methode der kleinsten Quadrate' aufgestellt und gelöst.

'Fowkes<sup>Ext.</sup>' steht für das erweiterte Verfahren nach Fowkes. Zusätzlich werden die Wechselwirkungen durch Wasserstoffbrücken separat berücksichtigt. Einzelheiten dazu sind weiter unten angegeben. 'OGC<sup>LW</sup>' bezeichnet die Berechnungen nach der Theorie von Van Oss, Good & Chaudhury. Dispersive Wechselwirkungen werden hier mit  $\gamma_s^{LW}$  als 'Lifshitz-Van der Waals' Kräfte ausgezeichnet (LW). - Unbedingt polare Wechselwirkungen werden nach OGC auf Elektronen Donor-Akzeptor-Interaktionen zurückgeführt, entsprechend dem Lewis Säure-Base Konzept (AB = Acid-Base). Details sind weiter unten noch angegeben.

⇒ die Markierung ☒ am Zeilenende bedeutet, dass im Berechnungsalgorithmus bei mindestens einer Komponente ein Ausdruck wie ' $\sqrt{b} = -a$ ' vorkommt. **Das so markierte Ergebnis ist mathematisch nicht korrekt.**

## 7. ===== Grafische Deutungen der dispers-polar-Klassifikation von PTFE-1mm =====

~ Diagramm 5.7: 'Wetting-zones'<sup>21</sup>

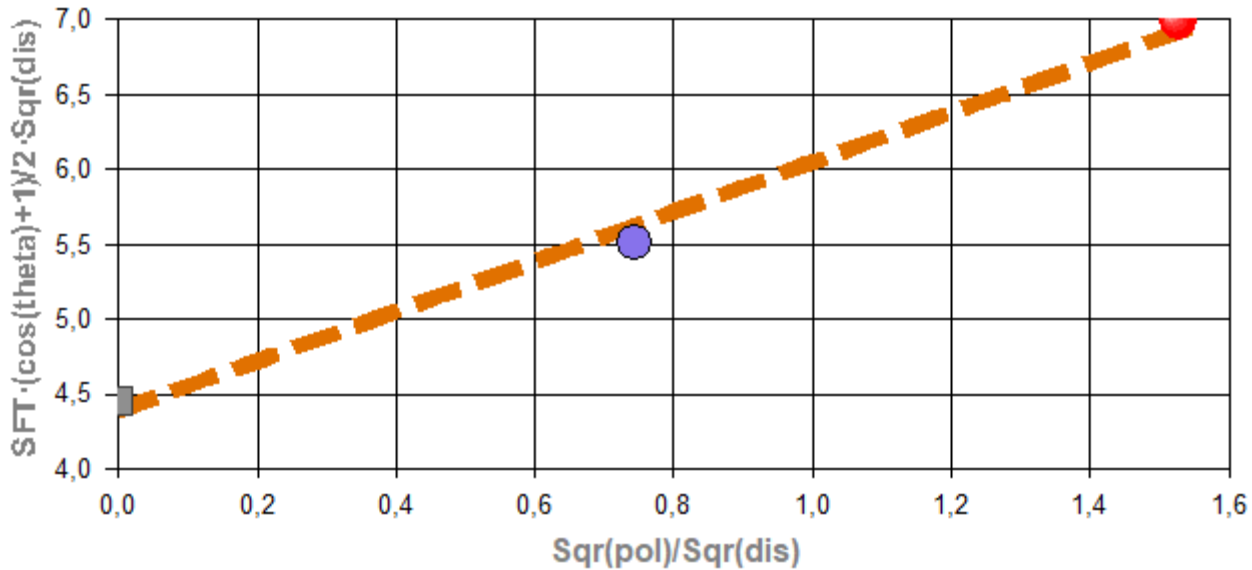


- 'Wetting-zones': In dem Koordinatensystem werden an der X-Achse jeweils dispersive und auf der Y-Achse polare Komponentenwerte eingezeichnet. Ein dunkelrot gezeichnetes Kreuz mit Umkreis (inmitten blauer Ringe) gibt die Koordinaten des Ergebnisses an; das Ausmaß dieser Markierung bildet die erhaltene Standardabweichung ab. Der Mittelpunkt liegt auf der roten Linie - sie gibt diejenigen dispers-polar-Werte an, mit denen Flüssigkeiten einen Kontaktwinkel von Null erreichen würden; dispers-polar-Kombinationen, die auf der Linie und innerhalb der Umrahmung liegen, führen demnach zu totaler Benetzung. Außerhalb (darüber und rechts) treten Kontaktwinkel auf. (Diese Darstellung wird auch 'Wetting Envelope' genannt.) Die grüne Linie gibt in gleicher Weise den Vorhersagebereich für Kontaktwinkel von 45° an [die optional angezeigte violette Linie weißt die 90° Grenze aus, ab der keine Benetzung und kein Aufsteigen mehr erfolgen kann]. Die in der Untersuchung verwendeten Flüssigkeiten sind als Kugeln eingetragen; so können die in den Messungen erhaltenen Kontaktwinkel mit der theoretischen Lage verglichen werden. Die Ergebniskordinaten von PTFE-1mm sind 'umkreist' von drei blauen Ringen - diese verorten Bereiche der Grenzflächenspannung von 0,1, 0,5 und 1 mJ/m<sup>2</sup>. (Bemerkenswert ist, dass an einem Schnittpunkt der blauen und roten Linien kein Kontaktwinkel vorliegen würde, gleichwohl herrscht die entsprechende Grenzflächenspannung / Grenzflächenenergie.)

Die einschlägige Beziehung für diese Kalkulationen lautet:  $(\gamma^d + \gamma^p) \cdot (\cos\theta + 1) = 2 \cdot \sqrt{(\gamma_s^d \cdot \gamma^d)} + 2 \cdot \sqrt{(\gamma_s^p \cdot \gamma^p)}$ .

## 8. ===== Oberflächenenergie nach OWRK / Fowkes =====

- Diagramm 6.8: 'OWRK-Plot<sup>2</sup>'



$Y = 4,388 + 1,66 \cdot x \implies$  'PTFE-1mm': Surface Energy = dispersive + polar = 19,25 + 2,75 = 22 [mJ/m<sup>2</sup>]



- 'OWRK-Plot<sup>2</sup>' zeigt die Oberflächenspannungen der Flüssigkeiten - aufgeteilt in polare und disperse Anteile - in Beziehung gesetzt zum jeweiligen Kontaktwinkel gegen 'PTFE-1mm'. Je Messung wird ein Punkt erzeugt: den Abszissenwert bildet das polar-dispers-Verhältnis " $x = \sqrt{\gamma^p} / \sqrt{\gamma^d}$ " der Flüssigkeitsoberflächenspannung und der Ordinatenwert wird aus der Oberflächenspannung ( $\gamma$ ), dem Kontaktwinkel ( $\theta$ ) und dem dispersiven Anteil ( $\gamma^d$ ) dargestellt " $y = \gamma \cdot (\cos\theta + 1) / 2 \sqrt{\gamma^d}$ ". Die Gleichung der Regressionsgeraden durch die Punkte liefert anhand der Kurvensteigung und dem Achsenabschnitt die in polare  $\gamma_s^p$  und disperse  $\gamma_s^d$  Anteile aufgeschlüsselte Oberflächenenergie  $\gamma_s$  von 'PTFE-1mm' ( $\gamma_s = \gamma_s^d + \gamma_s^p$ ).

Die Oberflächenenergie  $\gamma_s$  von PTFE-1mm beträgt nach dem Berechnungsverfahren gemäß *Owens, Wendt, Rabel und Kaelble* **22,01 mJ/m<sup>2</sup>** - der disperse Anteil ( $\gamma_s^d$ ) beträgt 19,25 mJ/m<sup>2</sup>, die polare Komponente ( $\gamma_s^p$ ) macht 2,75 mJ/m<sup>2</sup> aus.

- Die drei Datensätze sind für eine stichhaltige Aussage ungenügend (...).

## 9. ===== Oberflächenenergie von PTFE-1mm nach 'Extended Fowkes' =====

Die Oberflächenenergie  $\gamma_s$  ergibt sich nach dem *erweiterten Fowkes Verfahren* zu **22,27 mJ/m<sup>2</sup>**; die Wasserstoff-Brücken tragen mit 9% zur Oberflächenenergie bei, H-Brücken dominieren die polaren Wechselwirkungen. -- *Das Resultat ist mathematisch falsch; Daten von mindestens einer Messung verderben die Berechnung und müssten korrigiert oder herausgenommen werden.* --

Tabelle 4.9: Datenanalyse der Berechnungsbeiträge - *ohne die jeweilige Messung*

$\Sigma \gamma_{s...}$	PTFE-1mm	$\gamma_s$	$\gamma_s^d$	$\gamma_s^{p+h}$	$\gamma_s^p$	$\gamma_s^h$
		22,27	19,77	2,50	0,43	2,06 $\mu$ <sup>2</sup>

- Diese Bestimmung der Komponenten der Oberflächenenergie erlaubt die Quantifizierung eines Anteils der polaren Wechselwirkungen als von Wasserstoffbrücken herrührend. Die nachfolgenden Angaben der verwendeten  $\gamma^d, p$  und  $h$  Komponentendaten der Messfluide entsprechen dem Muster 'Name ( $\gamma, \gamma^d, \gamma^p, \gamma^h$ )': Ethylacetat (23.9, 23.9, 0, 0), Ethylenglykol (47.7, 30.1, 0, 17.6), Wasser (72.8, 29.1, 1.3, 42.4).

Die Berechnung erfolgt gemäß der 'kleinsten Quadrate-Methode' auf Basis der Gleichung  $\gamma \cdot (\cos\theta + 1) = 2 \cdot \sqrt{(\gamma_s^d \cdot \gamma^d)} + 2 \cdot \sqrt{(\gamma_s^p \cdot \gamma^p)} + 2 \cdot \sqrt{(\gamma_s^h \cdot \gamma^h)}$ . Die Oberflächenenergie ist hier die Summe von drei Komponentenbeiträgen:  $\gamma_s = \gamma_s^d + \gamma_s^p + \gamma_s^h$ .



## 10. ===== Auswertung nach Van Oss, Good & Chaudhury (OGC) =====

Die Bestimmung der Komponenten der Oberflächenenergie  $\gamma_s$  gemäß OGC ergibt nach dem 2. Parametersatz der Fluidkomponentendaten für  $\gamma_s^{LW}$  mJ/m<sup>2</sup>,  $\gamma_s^{(+)}$  mJ/m<sup>2</sup>,  $\gamma_s^{(-)}$  mJ/m<sup>2</sup>. Als **Ergebnis** der gesamten Oberflächenenergie wird daraus der Wert **mJ/m<sup>2</sup>** berechnet. Die Standardabweichung (hier die *Wurzel der totalen Variabilität*) beträgt mJ/m<sup>2</sup>, der multiple Korrelationskoeffizient  $R^2$  ist .

- Diagramm 7.10: 'Auswertung 'van Oss''

- Auswertung 'van Oss': Die OGC-Auswertung liefert drei unabhängige Ergebnisse, die die Oberflächenenergie klassifizieren, mit  $\gamma^{LW}$ , der apolaren Lifshitz-Van der Waals Komponente (sie setzt sich aus den additiv wirkenden Van-der-Waals Kräften der London, Debye und Keesom Wechselwirkungen zusammen), mit  $\gamma^{(+)}$ , der Elektronen akzeptierenden bzw. Lewisäure Eigenschaft und der  $\gamma^{(-)}$ , der Elektronendonator bzw. Lewisbase Eigenschaft. Das Diagramm zeigt entlang der X-Achse die Einordnung gemäß Säure-Base (AB) Eigenschaft. Die Y-Achse gibt den LW-Anteil wieder. Ein Resultat wird so als Rechteck gezeichnet; entlang der Y-Achse ist noch die gesamte Oberflächenenergie eingezeichnet. Die fett gezeichnete Linie stellt das Ergebnis dar; die anderen 3 Rechtecke zeigen, welches Ergebnis herauskäme, würde auf die entsprechend der Legende indizierte Messung verzichtet. So stellt sich ein widerspruchsfreies Ergebnis durch eine Häufung ähnlicher Rahmen dar; schlechte Messungen oder ungeeignete (bzw. "auffällige") Messfluide können so sichtbar werden.

Die Oberflächenenergie berechnet sich nach:  $\gamma_s = \gamma_s^{LW} + \gamma_s^{AB} = \gamma_s^{LW} + 2 \cdot \sqrt{(\gamma_s^{(+)}) \cdot (\gamma_s^{(-)})}$ .

Die Datenauswertung erfolgt gemäß der Gleichung  $\gamma \cdot (\cos\theta + 1) = 2 \cdot \sqrt{(\gamma_s^{LW} \cdot \gamma^{LW})} + 2 \cdot \sqrt{(\gamma_s^{(+)}) \cdot (\gamma^{(+)})} + 2 \cdot \sqrt{(\gamma_s^{(-)}) \cdot (\gamma^{(-)})}$ .

=== OGC !: Oss '07 ===

Tabelle 5.10: Datenanalyse der Berechnungsbeiträge - ohne die jeweilige Messung

$\Sigma \gamma_s$	PTFE-1mm	$\gamma_s$	$\gamma_s^{LW}$	$\gamma_s^{AB}$	$\gamma_s^{+}$	$\gamma_s^{-}$
		<b>18,37</b>	<b>13,83</b>	<b>4,54</b>	<b>2,04</b>	<b>2,52</b>

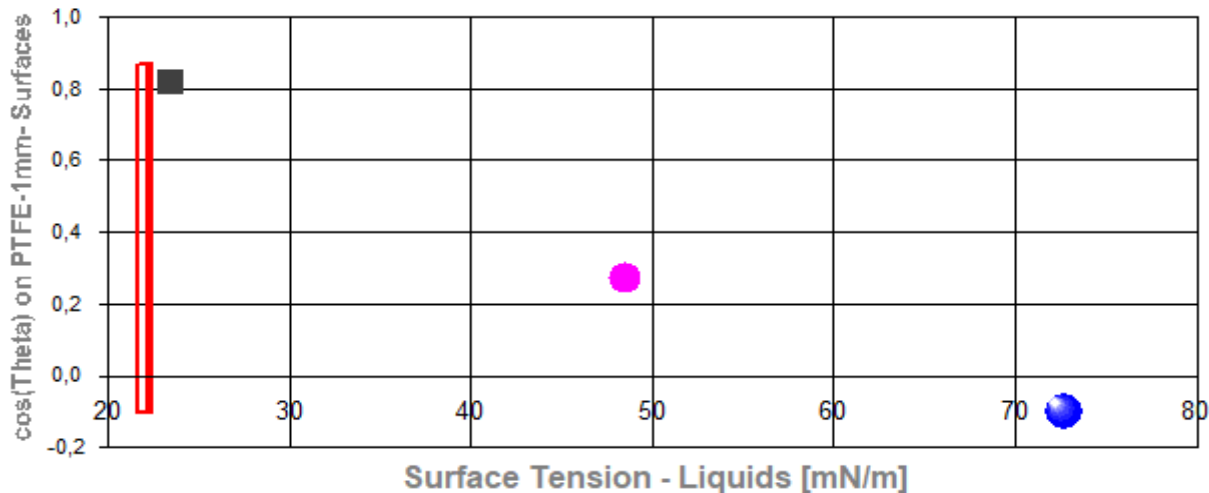
- Zur Rückkopplung nachstehend die Angaben zu in dieser Berechnung verwendeten  $\gamma$ -LW/AB-Werte der Messfluide. Die Angabe erfolgt anschließend gemäß dem Muster: 'Fluidname ( $\gamma$ ,  $\gamma^{LW}$ ,  $\gamma^{(+)}$ ,  $\gamma^{(-)}$ ): Ethylacetat (23.9, 23.9, 0, 6.2), Ethylenglykol (48, 29, 3, 30.1), Wasser (72.8, 21.8, 25.5, 25.5).

## 11. ===== Oberflächenenergie aus einer Einkomponenten Betrachtung =====

In der Gegenüberstellung von Flüssigkeitsoberflächenspannung und erhaltenen Kontaktwinkel kann nur dann ein eindeutiges Ergebnis angezeigt werden, wenn der Feststoff in kohärenter Weise mit den verwendeten Flüssigkeiten interagiert. Letztendlich können nur wesentlich durch unpolare Energien dominierte Stoffoberflächen zusammen mit unpolaren Messfluiden ein anschauliches Bild ergeben.

Das Diagramm zeigt gegen die Oberflächenspannung der Fluide aufgetragene Kontaktwinkeldaten. In Form roter Rechtecke sind die Resultate obiger Ermittlungen eingezeichnet - die Breite der Vierecke gibt die jeweils erhaltene Standardabweichung wieder.

- Diagramm 8.11: 'Zisman-Plot<sup>2</sup>'



- SFE 'PTFE-1mm'
- \*\*ID12467 Wasser
- ID12431 Ethylenglykol
- ID13175 Ethylacetat

- In der sog. Zisman-Darstellung werden in einem Diagramm die gemessenen  $\cos\theta$ -Werte gegen die Oberflächenspannung des Fluids angetragen. Sofern sich eine fallende, lineare Proportionalität einstellt, kann eine (gedachte) Gerade, auf  $\cos\theta \Rightarrow 1$  (d.h.  $\theta = 0^\circ$ ) nach links verlängert, einen oberen Grenzwert für die Oberflächenspannung der Flüssigkeit liefern, die den Festkörper gerade vollständig benetzt ( $\gamma_{krit}$ : 'die kritische Oberflächenspannung der Benetzung' [critical surface tension of wetting]).  $\gamma_{krit}$  befindet sich oft in der Nähe von  $\gamma_s$  (ist jedoch nicht zwangsläufig identisch mit demselben). -- Nach rechts-unten extrapoliert gegen  $\cos\theta \Rightarrow 0$  (d.h.  $\theta = 90^\circ$ ) kann eine Oberflächenspannung abgeschätzt werden, ab welcher quasi keine Benetzbarkeit mehr zu erwarten ist.

## Meldungen

Inkonsistente Daten zu 'Ethylenglykol': Für die OGC-Auswertung (II) wird mit '29 mN/m' ein alternativer Wert für die LW-Komponente angewendet (für OWRK mit der Angabe 30,9 mN/m).

**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.

---

## IMPro Execution & Audit-Trail

Data created during execution of the IMPro "Contact-Angle\_A2, 14.08.13, 6761", type 4/4. Time Period of the Accomplishment: Aug., 15. 2013 between 16:57:12 and 17:18:53, elapsed time: 20 minutes. Measuring process performed accordingly. The complete Report first was presented on Aug., 15.13 at 17:21. Original data was changed as reported to Audit-Log:

\*\*\*\* DATENBLATT-Änderungen durch M. Breitwieser \*\*\*\* Tag/Zeit: 15.08.2013 16:59:45 \*\*\*\*

Remarks : von] 'Platte lag ~18h an Luft im Raum (ohne Oberflächenkontakt)' [zu] 'Platte lag ~18h an Luft im Raum (ohne Oberflächenkontakt) - OFS Wasser geprüft (73) OK. Luftgesättigt!?!'

\*\*\*\*\*

The Number **12467** refers to the Recordset in the Database '**imeterData29**' where all Information can be retrieved at any time.

---

## Prüfmittel

Das Wägesystem (WZA224) wurde zuletzt am 01.08.13 um 15:37, 14 Tage vor dieser Messung von M. Breitwieser justiert. Die letzte vollständige Prüfung der Positioniervorrichtung von **IMETER** (ID23407016) erfolgte am 30.11.10. **Technische Daten**: Auflösung des Wägesystems 0,1 mg, Messunsicherheit (Linearität) 0,2 mg, Dichte der Justiermasse  $\rho_{cal}$  8,000 g/cm<sup>3</sup>, Luftdichte  $\rho_{air}$  1,107 kg/m<sup>3</sup>; Schwerebeschleunigung  $g$  9,80769 m/s<sup>2</sup>. Die Messauflösung der Temperaturmessung beträgt 0,01 K, die Unsicherheit 0,03 K. Akquisitions-Softwareversion IMETER 6.1.20, LizenzN° \*3037-4759\*, Windows 5.1- Betriebssystem auf PC Ser.N°1480456102 (H, DIE PLATTE#).

---

## Nachträgliche Anmerkung(en):

**Kommentar:** < Dies ist lediglich ein Technikbeispiel mit dem Augenmerk auf die formale Datenbehandlung. Beispiel einer Messung, die jetzt schon ziemlich längere Zeit her ist. - Auch ältere Daten können IMETER-typisch mit neueren Versionen der IMETER-Software modern ausgewertet werden. Inhaltlich ist zu bemerken, dass der polare Anteil der OFE in der Messung für PTFE etwas hoch ausfällt. Das kann mit der Probenbehandlung zusammenhängen oder mit der Ethylenglycol-Messung bei der die OFS seinerzeit wohl nicht kontrolliert wurde und die Messdaten sind für Ethylacetat bei 25°C an einem Rundstab ermittelt. > **Kommentar:** "Kommentare" sind Texte/Anmerkungen, die jeder Betrachter der Dokumentation hinzufügen kann.