

# ID N° 20326 - Contact Angle Measurement - M4<sup>s+</sup>

## Isooktan Standard-Wilhelmy (4mm Immersion)

• **Wilhelmy-Platte (DIN) / Isooktan 99.5+%** : (20,0°C, 4,3', 4,0mm, 0,0286mm/s - static;  $\theta$ -superwetting)

$\theta_{C,s} = 0 \pm 0^\circ$  CAH  $0^\circ$ ,  $^a\bar{E}_s = 18,887 \pm 0,021$  mN/m  $^aH_s = -0,039$  mN/m,  $\bar{B}_{\%,s} = 100,7\%$

## Report

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

**Principle:** The M4 contact angle measurement using the *modified Wilhelmy method* is based on force measurements on a cuboid or cylindrical solid body brought into contact with a liquid surface. The contact line between the solid, the liquid surface, and the gas phase is called the three-phase boundary line (triple line), and the angle at which the liquid surface meets the three-phase boundary line is the contact angle  $\theta$  (theta). The relative position of the three-phase boundary line-above, on, or below the surrounding liquid level-reflects the surface energy characteristics and is indicated by the resulting curvature of the meniscus. The weight of this meniscus curvature is determined gravimetrically, taking buoyancy forces into account, and is related to the length of the three-phase boundary line. With perfect wetting ( $\theta=0^\circ$ ), this specific force reaches a maximum value, which corresponds to the surface tension of the liquid; with poor wettability ( $\theta>90^\circ$ ), however, this wetting force becomes negative. Energetic interactions between the solid and liquid phases are thus made visible through the contact angle. When the solid body is immersed, the *triple line scans the solid surface*, yielding the advancing contact angle ( $\theta_A$ ), and when it is withdrawn, the receding contact angle ( $\theta_R$ ) is obtained - measured by force of wetting. The difference ' $\theta_A-\theta_R$ ' is called the contact angle hysteresis (CAH).

**Physically:** The Wilhelmy equation  $\cos\theta_{(A|R)} = ^aF / (p \cdot \gamma)$  describes the relationship between the contact angle  $\theta$ , the perimeter of the solid  $p$ , the wetting force  $^aF$ , and the surface tension of the liquid  $\gamma$ . Adhesion tension  $^aE$  is defined according  $^aE_{A,R} = m_{meniscus} \cdot g / p = ^aF / p = \gamma \cdot \cos\theta = \gamma_s - \gamma_{sl}$

**Practically:** In this measurement, after the position of contact of liquid and solid has been determined, the 'Wilhelmy-Platte (DIN)' test specimen is moved into and out of the Isooktan 99.5+% liquid by incremental movements attended by 'CLT'(Constant-Level-Technic). This allows the determination of *most accurate static contact angles*. Furthermore, a defined force stabilization can be maintained before each subsequent movement. This enables *static contact angle* measurement based on the patent DE 4412405, which provides the often required equilibrium measurements in accordance with physical principles. This control technology yields a stabilization time for levelling and for each of the selected 94 measuring positions, the respective contact angle  $\theta_{A,s}$  or  $\theta_{R,s}$  is calculated independently.

**Information:** The IMETER M4 method description, available at '<https://imeter.de/?view=article&id=46>', provides information on procedures and calculations.

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

Wilhelmy-Platte (DIN), cubic plate 20×0,2mm

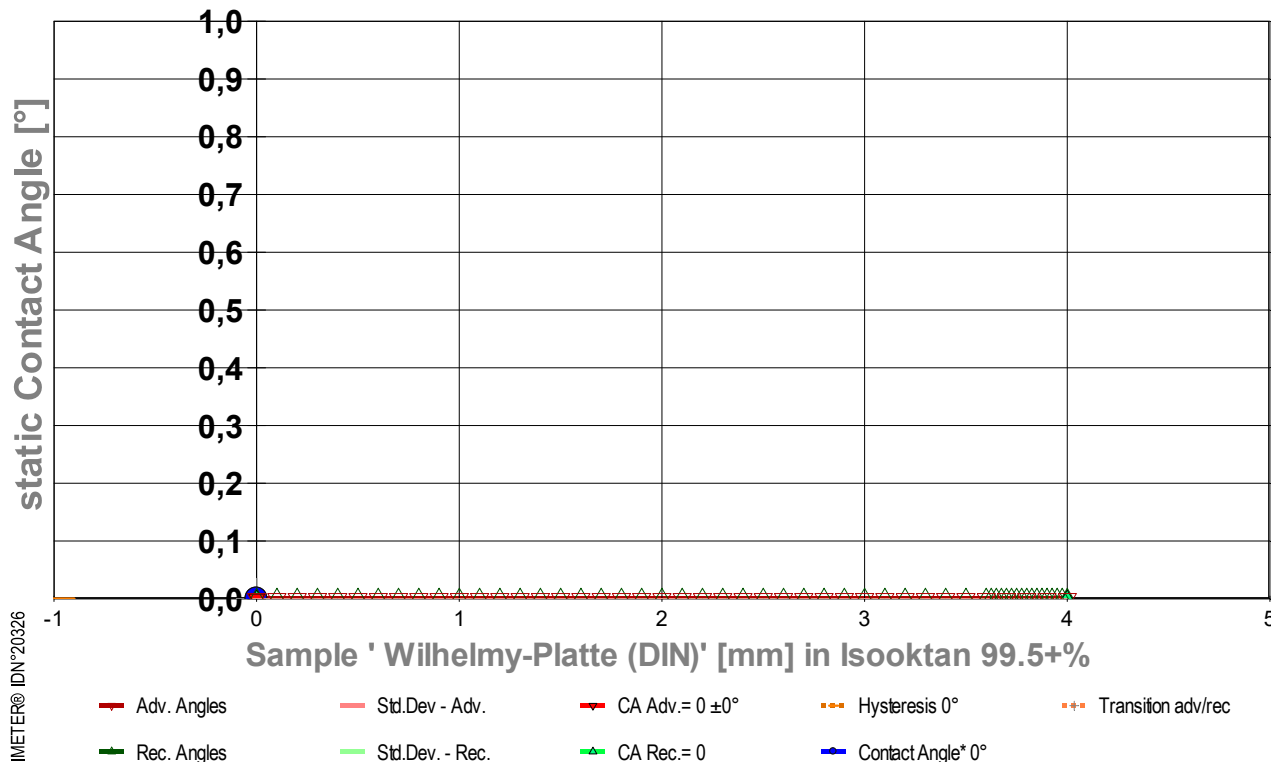
4,0mm Wilhelmy-Platte (DIN) \ Isooktan 99.5+%,  $\gamma = 18,75$  mN/m

$\theta = 20,0^\circ\text{C}$

Contact Angle, CA $\theta_c$	<0 ± 0°>		
Contact Angle Hysteresis, CAH <sub>s</sub>	<0°>		
	<b>Advancing <math>\theta_{A,s}</math></b>	<b>Receding <math>\theta_{R,s}</math></b>	<b>Transition - mm</b>
Contact Angles, $\theta_s$	0°	0°	0° <sub>adv.</sub> ⇒ 0° <sub>rec.</sub>
Rated measurements $n$ mm-range	41 0,000 - 4,000mm	53 4,000 - 0,000mm	2 4,000 - 3,975mm
avg. Triple line speed $\bar{v}_z$ [mm/s]	0,0286 ± 0,0115	-0,0241 ± 0,210	
avg. Step distance $\Delta h_0$ [mm]	0,100 ± 0	-0,0719 ± 0,0363	
avg. equilibration Time $\bar{t}_{eq}$ [s]	2,94 ± 0,386	2,86 ± 0,203	

*Static Contact Angle Measurement: For superwetting - consider adhesion parameters for analysis. The avg. equilibration Time  $t_{eq}$  is the mean of the time between positioning and acquiring the wetting force. The criterion of force equilibrium is defined in the utilized IMPro. Diagramm(s) below presenting these results and further details in a graphical way.*

→ Diagramm 1.2: 'Contact Angle<sup>2</sup>' -- Data, Calculation and Results



*Diagram 'Contact Angle<sup>2</sup>' gives a summary on this 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. So 'immersion' indicates the nominal position of the three-phase boundary ('Triple Line') on the sample surface. Red triangles show the contact angles when the fluid advances over the sample surface, Green triangles when retracting (receding). The contact angle peak at 0,000 mm refers a sharp edge - the 'triple line' is fixed there while the immersion goes on until this hypertensive  $\theta_A$  max.  $0,0^\circ$  is reached. - The direction reversal shows normally (why not here?) a step, that 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 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.

### Adhesion Force of the equilibrated Triple Line

Energy of Adhesion,  ${}^a\bar{E}_s = ({}^aE_A + {}^aE_R) / 2$  **18,887 ± 0,021 mN/m**

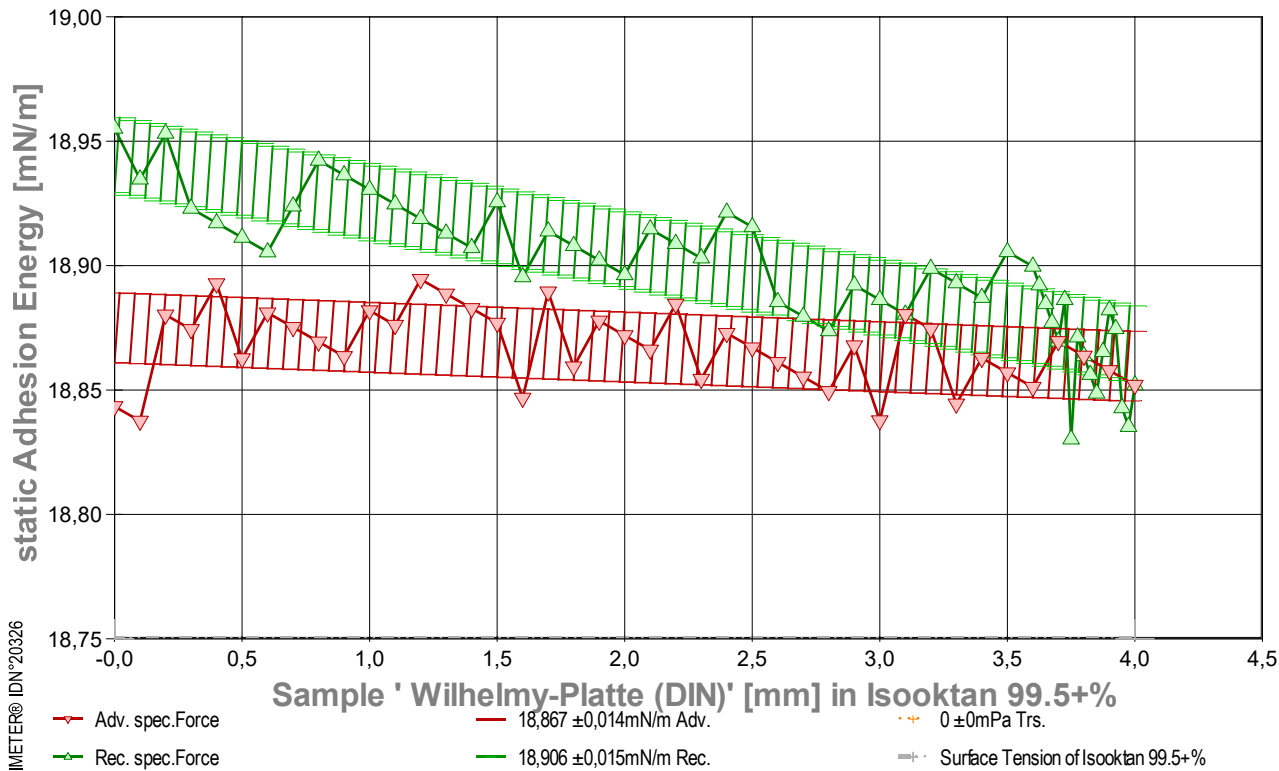
Hysteresis,  ${}^aH_s = {}^aE_A - {}^aE_R$  -0,039 mN/m

Parameter of spreading,  $\bar{S}_s = {}^a\bar{E} - \gamma$  0,137 mJ/m<sup>2</sup>

relative wettability,  $B_{\%s} = 100 \cdot {}^a\bar{E} / \gamma$  100,7% with Isooktan 99.5+%

	Advancing ${}^aE_{A,s}$	Receding ${}^aE_{R,s}$	Transition - mm
Energy of Adhesion, ${}^aE_s$ [mN/m]	<b>18,867</b>	<b>18,906</b>	18,835 <sub>&lt;adv.&gt;</sub> ⇒ 18,843 <sub>rec.</sub>
Standard deviation ${}^a\sigma$ [mN/m]	±0,014	±0,015	±0
Linear regression, slope [mPa]	-0,004	-0,019	0
correlation coefficient $r^2$	0,10	0,73	1,0
Relative wettability, $B_{\%s}$	100,6%	100,8%	

Diagramm 2.2: 'Triple-line Force<sup>2</sup>' static forces at the triple line,  $\bar{v}_z = 0,026$  mm/s



Das Diagramm zeigt den Verlauf der Adhäsionsenergie  ${}^aE$  entlang der Probenoberfläche. Den Messwerte werden bei unbewegtem Pegel des Fluids am Probekörper als statische Gleichgewichtszustände bestimmt. Die roten  $\nabla$ -Markierungen stehen für adv.-Messwerte (Eintauchen; von links nach rechts aufgezeichnet), grüne  $\Delta$ -Markierungen gehören zu rec.-Werten (Rückzugsbewegung; von rechts nach links laufend). Die Oberflächenspannung von Isooktan 99.5+% ist als grau gestrichelte Horizontale bei 18,75 mN/m eingezeichnet; sie gibt die *maximale Zugfestigkeit* an, die eine flüssige Isooktan 99.5+%-Oberfläche aushalten kann. Aber, die Adhäsionsenergie zwischen Isooktan 99.5+% und Wilhelmy-Platte (DIN) übersteigt die Oberflächenspannung. Diese *Überbenetzung (Superwetting)* ist gekennzeichnet durch die *Kontaktwinkelproblematik*, da offenbar  $\cos(\theta) > 1$  auftritt. Falls andere Störeinflüsse (ggf. elektrostatische, rheologische) auszuschließen sind, kommen Grenzschicht- und/oder tribologische Effekte in den Blick, die den lokalen Wert der Oberflächenspannung raumgreifend - oder den Wert einer ungeklärten Zusatzkraft an der *Triple Line* - erhöhen und das Geschehen beeinflussen könnten.

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

**Sample:** 'Wilhelmy-Platte (DIN)', **Form:** cubic plate, face dimension 20 x 0,2 mm.

**Test Liquid:** 'Isooktan 99.5+%' at 19,99°C: density 0,691916 g/mL, surface tension 18,75 mN/m, viscosity 0,496 mPa·s; Capillary length 1,7 mm.

**Suspension/Fixation:** by operator; measured weight at start 1,2118 g.

**Vessel:** tempered double wall measuring cell, height 140 mm, inclosing sample and liquid at coherent temperature and atmosphere;

Surface area  $\infty$  by CLT. - The 'CLT' Constant-Level-Technic prevents rising/falling of the Isooktan 99.5+% -level in the vessel (surface 1452mm<sup>2</sup>) through immersion/emersion of the sample volume in the vessel by appropriate pumping of Isooktan 99.5+%.

**Conditioning:** during 2,8 min in the measuring cell above the surface of the liquid.

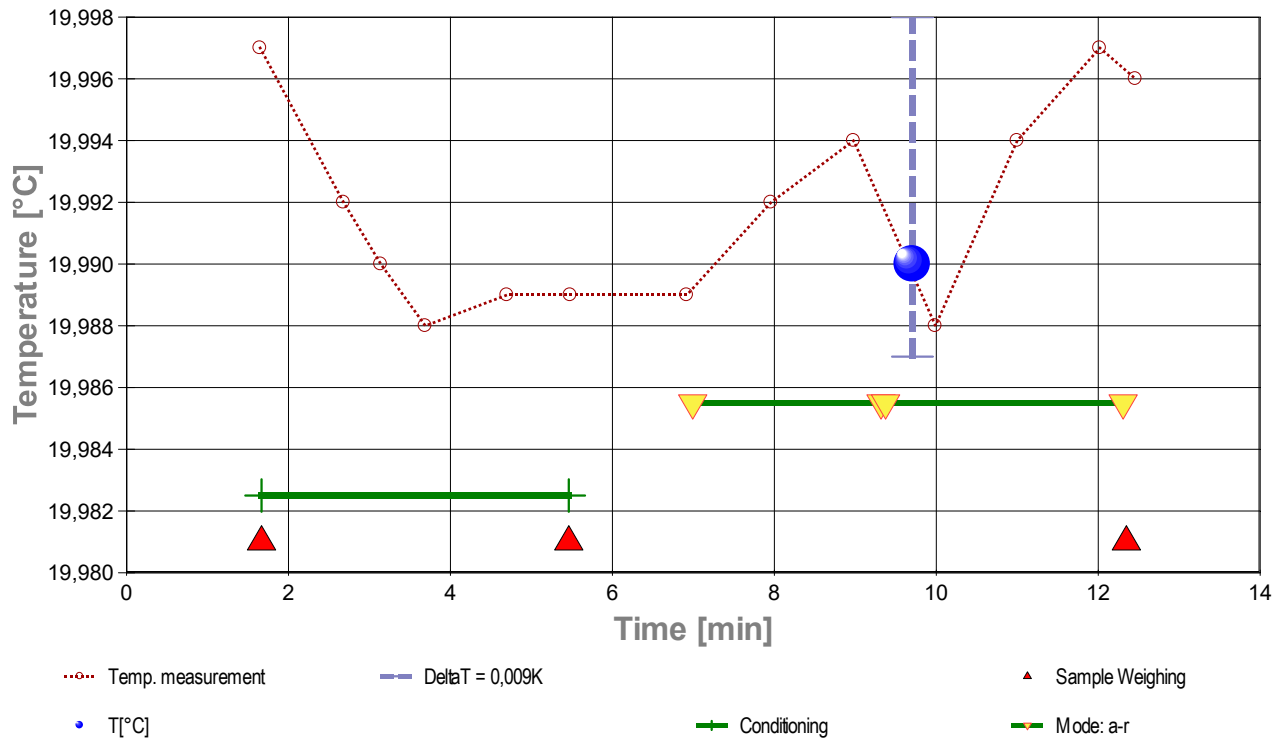
**Sample Weight:** at start 1,5312 g, after conditioning 1,5311 g, after the measurement 1,6092 g.

*Loss in weight* during conditioning -0,0001 g (-33 ppm) but different after measurement 0,0780 g (+5,1%).

**Measurement algorithm:** static CA-measurement, acquisition of equilibrated values, stepwise movement. Maximum immersion of 4,000 mm and force equilibration at the inflection point for 3,3 s. Duration for immersion 2,3 min, for emersion 2,0 min.

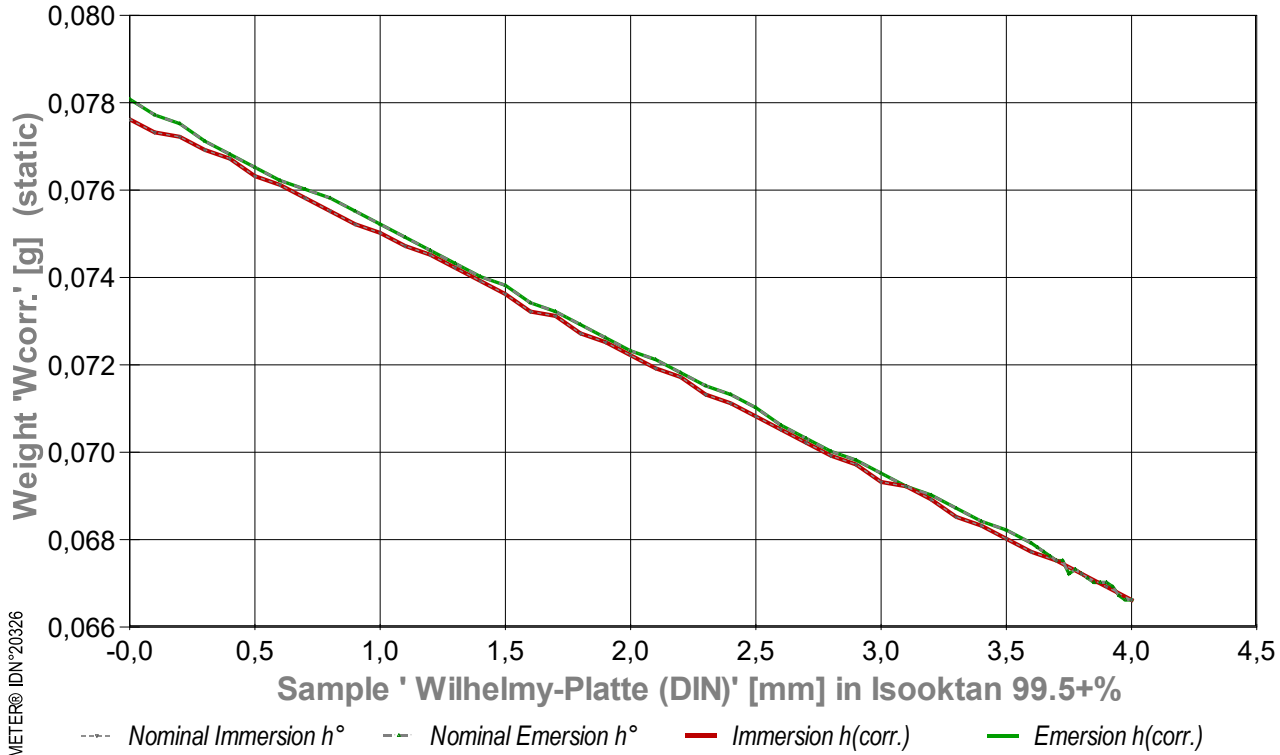
**Time & Temperature:** 13 Minuten; Temperaturverlauf blieb im gesamten Zeitraum einigermaßen isotherm bei 19,99°C. - Diagramm

3.3: 'Temperature & Events<sup>2</sup>' -- Survey on Temperature and Time



- Das Diagramm "Temperature & Events<sup>21</sup>" dokumentiert neben der Flüssigkeitstemperatur der Messfluids (Isooktan 99.5+%) die zeitliche Abfolge der Verfahrensschritte. Die Temperaturmesswerte sind als kleine Kreise abgebildet; die kugelförmige Marke gibt die der Messung insgesamt zugeordnete Temperatur an (19,99°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 grünen Horizontalen bezeichnen die Schaltung jeweiliger Messmodi ('a-r' bedeutet *Advancing*- und *Receding*-Bewegung). Die roten Dreiecke, unten im Diagramm, markieren die Zeitpunkte der Probenwägung von Wilhelmy-Platte (DIN) (ohne Kontakt zur Fluidoberfläche).

- Diagramm 4.3: 'RawData<sup>21</sup>' -- Acquired weights during immersion and emersion (raw data and immersion corrected lengths)



- Im Diagramm "RawData<sup>21</sup>" werden die Wägewerte zur statischen Kontaktwinkelmessung gegen die Eintauchtiefe der Probe abgebildet. Von den Roh-Wägewerten  $W_{RAW}$  wurden Proben- und Aufhängungsgewichte subtrahiert, so dass hier die *Gewichte* der Benetzungs- und Auftriebskräfte abgebildet werden ( $W_{corr.}$ ). Die Kurvenverläufe fallen mit der Eintauchtiefe  $h$  (*immersion depth*) ab, indes der Volumenauftrieb des eintauchenden Probekörpers zunimmt. Im Diagramm sind Wägewerte für die *advancing*- und *receding*-Bewegung eingetragen, sowohl für nominelle ( $h_0$ ) und für korrigierte Eintauchtiefen ( $h_{corr.}$ ). Die roten Dreiecke bezeichnen die Messwerte bei  $h_{corr.}$  bei der Vorwärtsbewegung (*adv.*), die grünen Dreiecke gehören zu Auszugsbewegungen (*rec.*). Durch 'CLT' (die *Constant-Level-Technic*) wird die Pegelveränderung besonders durch das ein- und austauschendes Probenvolumen simultan kompensiert, sodass die nominelle Eintauchtief mit der tatsächlichen identisch ist; die Kurven sind deshalb praktisch deckungsgleich.

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

The table below provides the data for each contact angle measuring position in this experiment ( $n=93$ ). - Within a row the column  $t$  lists the time of the CA-measurement.  $t_{eq.}$  is the duration 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  $h_{corr.}$  shows the corrected immersion depth- *due to CLT the values are the same*. With  $W_{RAW}$  the final total weight of the sample, sample holder, wetting force and buoyancy is written. The  $W_{corr.}$ -values\* are former weighing values when the weight of the sample and its holder is subtracted.

After buoyancy correction,  $\Delta F$  is the force exerted on the triple line. The Energy of Adhesion  $\Delta E_{A,R} = \Delta F/p$  is the force of adhesion per meter of the circumference ( $p$ ) of the sample.  $\theta$  is the Contact Angle. The last column indicates by **chr** the advancing resp. receding state.

(Resolving static force of wetting from  $\Delta F = (W_{RAW} - W_0 - W_{Buoy}) \cdot g + F_{Buoy,air}$ ) \* $W_{corr.} = W_{RAW} - W_0$  (with  $W_0 = 2,7429$  g).

**Tabelle 1.4: Data table**

N°	t [min]	t <sub>eq.</sub> [sec]	h <sub>0</sub> [mm]	h <sub>corr.</sub> [mm]	W <sub>RAW</sub> [g]	W <sub>corr.</sub> [g]	$\Delta F$ [mN]	$\Delta E_{A,R}$ [mN/m]	$\theta$ [°deg]	chr
1.	0,00	5,2	0,000	0,000	2,8205	0,0776	0,7613	18,84	0	a
2.	0,10	2,9	0,100	0,100	2,8202	0,0773	0,7610	18,84	0	a
3.	0,16	2,9	0,200	0,200	2,8201	0,0772	0,7628	18,88	0	a
4.	0,21	2,9	0,300	0,300	2,8198	0,0769	0,7625	18,87	0	a
5.	0,27	2,9	0,400	0,400	2,8196	0,0767	0,7633	18,89	0	a
6.	0,33	2,8	0,500	0,500	2,8192	0,0763	0,7621	18,86	0	a
7.	0,39	2,8	0,600	0,600	2,8190	0,0761	0,7628	18,88	0	a
8.	0,44	2,9	0,700	0,700	2,8187	0,0758	0,7626	18,88	0	a
9.	0,50	2,9	0,800	0,800	2,8184	0,0755	0,7623	18,87	0	a
10.	0,56	2,9	0,900	0,900	2,8181	0,0752	0,7621	18,86	0	a
11.	0,62	2,8	1,000	1,000	2,8179	0,0750	0,7628	18,88	0	a
12.	0,68	2,9	1,100	1,100	2,8176	0,0747	0,7626	18,88	0	a
13.	0,74	2,8	1,200	1,200	2,8174	0,0745	0,7633	18,89	0	a
14.	0,79	2,9	1,300	1,300	2,8171	0,0742	0,7631	18,89	0	a
15.	0,85	2,9	1,400	1,400	2,8168	0,0739	0,7629	18,88	0	a
16.	0,91	2,8	1,500	1,500	2,8165	0,0736	0,7626	18,88	0	a
17.	0,96	2,8	1,600	1,600	2,8161	0,0732	0,7614	18,85	0	a
18.	1,02	3,3	1,700	1,700	2,8160	0,0731	0,7631	18,89	0	a
19.	1,09	2,8	1,800	1,800	2,8156	0,0727	0,7619	18,86	0	a
20.	1,15	2,9	1,900	1,900	2,8154	0,0725	0,7627	18,88	0	a
21.	1,20	2,8	2,000	2,000	2,8151	0,0722	0,7624	18,87	0	a
22.	1,26	2,8	2,100	2,100	2,8148	0,0719	0,7622	18,87	0	a
23.	1,32	2,9	2,200	2,200	2,8146	0,0717	0,7629	18,88	0	a
24.	1,38	2,8	2,300	2,300	2,8142	0,0713	0,7617	18,85	0	a
25.	1,43	2,8	2,400	2,400	2,8140	0,0711	0,7625	18,87	0	a
26.	1,49	2,8	2,500	2,500	2,8137	0,0708	0,7622	18,87	0	a
27.	1,55	2,9	2,600	2,600	2,8134	0,0705	0,7620	18,86	0	a
28.	1,61	2,8	2,700	2,700	2,8131	0,0702	0,7618	18,86	0	a
29.	1,66	2,8	2,800	2,800	2,8128	0,0699	0,7615	18,85	0	a
30.	1,72	2,8	2,900	2,900	2,8126	0,0697	0,7623	18,87	0	a
31.	1,78	2,8	3,000	3,000	2,8122	0,0693	0,7610	18,84	0	a
32.	1,83	2,8	3,100	3,100	2,8121	0,0692	0,7628	18,88	0	a
33.	1,89	2,9	3,200	3,200	2,8118	0,0689	0,7625	18,87	0	a
34.	1,95	3,0	3,300	3,300	2,8114	0,0685	0,7613	18,84	0	a
35.	2,01	2,9	3,400	3,400	2,8112	0,0683	0,7621	18,86	0	a
36.	2,07	3,6	3,500	3,500	2,8109	0,0680	0,7618	18,86	0	a
37.	2,14	2,8	3,600	3,600	2,8106	0,0677	0,7616	18,85	0	a
38.	2,19	2,9	3,700	3,700	2,8104	0,0675	0,7623	18,87	0	a
39.	2,25	2,8	3,800	3,800	2,8101	0,0672	0,7621	18,86	0	a
40.	2,31	2,8	3,900	3,900	2,8098	0,0669	0,7619	18,86	0	a
41.	2,36	2,9	4,000	4,000	2,8095	0,0666	0,7616	18,85	0	a
42.	2,42	2,9	3,975	3,975	2,8095	0,0666	0,7609	18,84	0	r
43.	2,48	2,8	3,950	3,950	2,8096	0,0667	0,7612	18,84	0	r
44.	2,53	2,9	3,925	3,925	2,8098	0,0669	0,7625	18,87	0	r
45.	2,59	2,9	3,900	3,900	2,8099	0,0670	0,7628	18,88	0	r
46.	2,64	2,9	3,875	3,875	2,8099	0,0670	0,7622	18,87	0	r
47.	2,70	2,8	3,850	3,850	2,8099	0,0670	0,7615	18,85	0	r
48.	2,75	2,9	3,825	3,825	2,8100	0,0671	0,7618	18,86	0	r
49.	2,81	2,8	3,800	3,800	2,8101	0,0672	0,7621	18,86	0	r
50.	2,86	2,8	3,775	3,775	2,8102	0,0673	0,7624	18,87	0	r
51.	2,92	2,8	3,750	3,750	2,8101	0,0672	0,7607	18,83	0	r
52.	2,97	2,9	3,725	3,725	2,8104	0,0675	0,7630	18,89	0	r
53.	3,03	2,8	3,700	3,700	2,8104	0,0675	0,7623	18,87	0	r
54.	3,10	2,9	3,675	3,675	2,8105	0,0676	0,7626	18,88	0	r
55.	3,16	2,8	3,650	3,650	2,8106	0,0677	0,7629	18,88	0	r
56.	3,21	2,9	3,625	3,625	2,8107	0,0678	0,7632	18,89	0	r
57.	3,27	2,9	3,600	3,600	2,8108	0,0679	0,7635	18,90	0	r
58.	3,33	3,0	3,500	3,500	2,8111	0,0682	0,7638	18,91	0	r
59.	3,39	2,9	3,400	3,400	2,8113	0,0684	0,7630	18,89	0	r
60.	3,44	2,8	3,300	3,300	2,8116	0,0687	0,7633	18,89	0	r
61.	3,50	2,9	3,200	3,200	2,8119	0,0690	0,7635	18,90	0	r
62.	3,56	2,9	3,100	3,100	2,8121	0,0692	0,7628	18,88	0	r
63.	3,62	2,9	3,000	3,000	2,8124	0,0695	0,7630	18,89	0	r
64.	3,68	2,9	2,900	2,900	2,8127	0,0698	0,7632	18,89	0	r
65.	3,73	2,9	2,800	2,800	2,8129	0,0700	0,7625	18,87	0	r
66.	3,79	2,8	2,700	2,700	2,8132	0,0703	0,7627	18,88	0	r
67.	3,85	2,8	2,600	2,600	2,8135	0,0706	0,7630	18,89	0	r
68.	3,91	2,9	2,500	2,500	2,8139	0,0710	0,7642	18,92	0	r
69.	3,96	2,8	2,400	2,400	2,8142	0,0713	0,7644	18,92	0	r
70.	4,02	2,9	2,300	2,300	2,8144	0,0715	0,7637	18,90	0	r
71.	4,08	3,4	2,200	2,200	2,8147	0,0718	0,7639	18,91	0	r
72.	4,15	2,9	2,100	2,100	2,8150	0,0721	0,7642	18,91	0	r
73.	4,21	2,8	2,000	2,000	2,8152	0,0723	0,7634	18,90	0	r
74.	4,26	2,8	1,900	1,900	2,8155	0,0726	0,7636	18,90	0	r
75.	4,32	2,9	1,800	1,800	2,8158	0,0729	0,7639	18,91	0	r
76.	4,38	2,8	1,700	1,700	2,8161	0,0732	0,7641	18,91	0	r
77.	4,43	2,9	1,600	1,600	2,8163	0,0734	0,7634	18,90	0	r
78.	4,49	2,8	1,500	1,500	2,8167	0,0738	0,7646	18,93	0	r
79.	4,55	2,9	1,400	1,400	2,8169	0,0740	0,7638	18,91	0	r
80.	4,61	3,0	1,300	1,300	2,8172	0,0743	0,7641	18,91	0	r
81.	4,67	2,9	1,200	1,200	2,8175	0,0746	0,7643	18,92	0	r
82.	4,73	2,9	1,100	1,100	2,8178	0,0749	0,7646	18,92	0	r
83.	4,79	2,8	1,000	1,000	2,8181	0,0752	0,7648	18,93	0	r
84.	4,84	2,8	0,900	0,900	2,8184	0,0755	0,7650	18,94	0	r
85.	4,90	2,8	0,800	0,800	2,8187	0,0758	0,7653	18,94	0	r
86.	4,96	2,8	0,700	0,700	2,8189	0,0760	0,7645	18,92	0	r
87.	5,02	2,9	0,600	0,600	2,8191	0,0762	0,7638	18,91	0	r
88.	5,07	3,4	0,500	0,500	2,8194	0,0765	0,7640	18,91	0	r
89.	5,14	2,9	0,400	0,400	2,8197	0,0768	0,7643	18,92	0	r
90.	5,20	2,9	0,300	0,300	2,8200	0,0771	0,7645	18,92	0	r
91.	5,26	2,9	0,200	0,200	2,8204	0,0775	0,7657	18,95	0	r
92.	5,32	2,8	0,100	0,100	2,8206	0,0777	0,7650	18,93	0	r
93.	5,37	1,6	0,000	0,000	2,8210	0,0781	0,7658	18,96	0	r

## Meldungen

Die Rückzugs- bzw. Receding- Bewegung ist aus 2 Zügen zusammengesetzt.

**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% der Werte.

## Programm

Data created during execution of the IMPro "ContactAngle\_atConstantLevel", type 4/4. IMPro finished as projected.

(the digital twin of process IDN°20326 provides on demand reports with more details, audit-log protocol and structured raw data)

## Prüfmittel

Die Kraftmesseinrichtung (WZA224) wurde 2,8 Stunden vor dieser Messung von Labor justiert.

**IMETER ID23903733: Technische Daten:** Auflösung des Wägesystems 0,1 mg, Messunsicherheit (Linearität) 0,2 mg, Dichte der Justiermasse  $\rho_{cal}$  8,00 g/cm<sup>3</sup>, Luftdichte  $\rho_{air}$  vgl. Tabelle unten; Schwerebeschleunigung  $g$  9,80769 m/s<sup>2</sup>.

Pt100-Temperaturmessung: Auflösung 0,001 K, Messunsicherheit  $\pm 0,01$  K,  $R^\circ$  100.0056  $\Omega$ , Kalibrierintervall 30 min (BN°1, -41/200°C, 3S, FS15,8, Korrekturfunktion:  $-0,0054 + 0,997591 \cdot \vartheta + 2,20165E-05 \cdot \vartheta^2 - 4,78431E-08 \cdot \vartheta^3$ ). Die Messauflösung der sekundären Temperaturmessung beträgt 0,01 K, die Unsicherheit 0,03 K. Akquisitions-Softwareversion IMETER 7.4.20, LizenzN° \*3037-4759\*, W. 6.2,9200- Betriebssystem auf PC Ser.N°6995684 (C, SSD).

## Meteorologische Angaben, Luftdichte:

Time [min]	$\phi$ [%]	$T_a$ [°C]	$p_a$ [kPa]	$\rho_{air}$ [kg/m <sup>3</sup> ]
0,1	41,125	24,8786	95,358	1,109

Obige Zusammenstellung gibt die Aufzeichnung der Atmosphärendaten für den Aufstellort wieder; darin bedeuten  $\phi$  relative Luftfeuchte (r.H.),  $T_a$  Lufttemperatur und  $p_a$  absoluter Luftdruck,  $\rho_{air}$  die Luftdichte; Die Luftdichte wird dabei aus den Druck-, Temperatur- und Luftfechtewerten berechnet.