



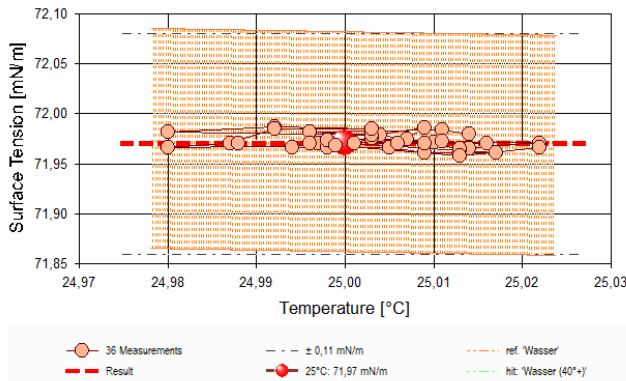
©2024 IMETER - MessSysteme
Tel. (+49)(0) 821/706450

www.imeter.de

IMETER Anwendungen

IMETER M1 "Ringmethode":

Mittelwerts-Messung der Oberflächenspannung



Ringprüfung/Kalibrierung mit der Oberflächenspannung von Wasser bei 25°C

Anwendungsbeispiel zu Mittelwerts-Messungen.

Die Eigenschaften von reinem, CO₂-frei luftgesättigten Wasser werden als praktisches Normal für physikalische Eigenschaften wie Viskosität, Dichte, Oberflächenspannung verwendet.

Die isotherme Messung selbst, ist recht schnell ausgeführt und charakterisiert das Ergebnis über Mittelwert und Standardabweichung. Der Report der Messung zeigt auch, dass über die kaum zehn Minuten der Beobachtung der Erwartungswert der Oberflächenspannung stabil wiederholbar gemessen wurde.

Referenzflüssigkeiten werden regelmäßig verwendet, um das IMETER-MessSystem insgesamt zu überprüfen. Einfach durch Messung, können Korrektheit von Messkörpern, Wägezelle und Temperaturmessung zusammen plausibel geprüft werden.

In diesem Dokument wird ein automatisch erzeugter IMETER-Prüfbericht vorgestellt. Die Ausführlichkeit ergibt sich aus der Forderung, dass alle Variablen einer Messung dargestellt werden sollen. Variabel sind ja nicht nur die Messdaten, sondern auch Umstände, Abläufe und die Eigenschaften der Normale. Daher verfügt IMETER zum einen über eine Modelliersprache, um Mess- bzw. Steuerungsverfahren zu gestalten („was soll der Fall sein“), zum anderen über analytische Fähigkeiten, um zu bewerten, *was der Fall* ist und um darüber in Berichten Rückkopplung zu geben.

IMETER spart sehr viel Arbeitszeit ein, indem nicht nur das Messen, Steuern und Regeln, sondern auch die beurteilungsreife Darstellung automatisiert ist!

Die Einstellungsvorgaben des Berichts bestimmen dabei Art und Umfang der Informationsdarstellung. Anhand eines vollständigen Berichts wird der Anwender in die Lage versetzt, Plausibilität und Validität einer Messung detailliert zu überprüfen.



IMETER V.5.5 rev.230

automatic Report (A97303116312B), IMETER / MSB Breitwieser, Augsburg, 20. Jun 24

ID N° 383 - Surface Tension / Averaged

Kalibrierung mit Wasser, 25°C

Bei der Ringkalibrierung sind besondere Maßnahmen angezeigt: (1) peinlichste Sauberkeit - sowieso. (2) keine anderen Gegenstände - kein Magnetrührstäbchen. (3) Präparation der Normalprobe, Luftsättigung, Wasseroberfläche per Pt-Plattenadsorption reinigen!

Flüssigkeit/Vergleich: **'Wasser'**

Result: **$\gamma_{25^\circ\text{C}} = 71,97 \pm 0,11 \text{ mN/m}$**

Report *Automatisch generierter Bericht mit Erklärungen. Diese sind formatiert wie dieser Text.*

• 1. Eigenschaft und Methode

Die *Oberflächenspannung* γ ist die kohäsiv wirkende Kraft, die eine flüssige Phase zusammenhält und die zwischenmolekularen Anziehungskräfte ausdrückt. Die Einheit 'mN/m' (Kraft pro Länge bzw. 'mJ/m²', Arbeit pro Fläche) bedeutet eine reversible Energiemenge, die aufzuwenden ist, um 1 m² neue Oberfläche zu schaffen bzw. die freigesetzt wird, wenn Oberfläche (z.B. durch Vereinigung von Tröpfchen) verschwindet. Das Augenscheinliche der Eigenschaft Oberflächenspannung besteht in der mehr oder weniger leichten Verformbarkeit der flüssigen Oberfläche. Die hier zur Messung angewandte *Ringmethode* beruht auf Kraftmessung bei *Deformation der Oberfläche*: Ein waagerechter Drahttring wird in die Flüssigkeit getaucht und herausgehoben. Beim Herausziehen wächst die Zugkraft durch die angehobene Flüssigkeitsmenge und nimmt einen parabelförmigen Verlauf an. Entscheidend ist die im Parabelscheitel vorliegende Maximalkraft. Sie entspricht im Verhältnis zum Ringumfang der Oberflächenspannung. Als Gegenkraft wirkt unter der Fallbeschleunigung das gehobene Flüssigkeitsgewicht - mithin die Dichtedifferenz $\Delta\rho$ zwischen Probe und Luft bzw. dem gesättigten Dampf. Für den exakten Oberflächenspannungswert wird auf den Wert der Maximalkraft ein Korrekturfaktor f_k angewendet. Zur Behebung der systematischen Abweichung gibt es verschiedene Algorithmen, benannt nach

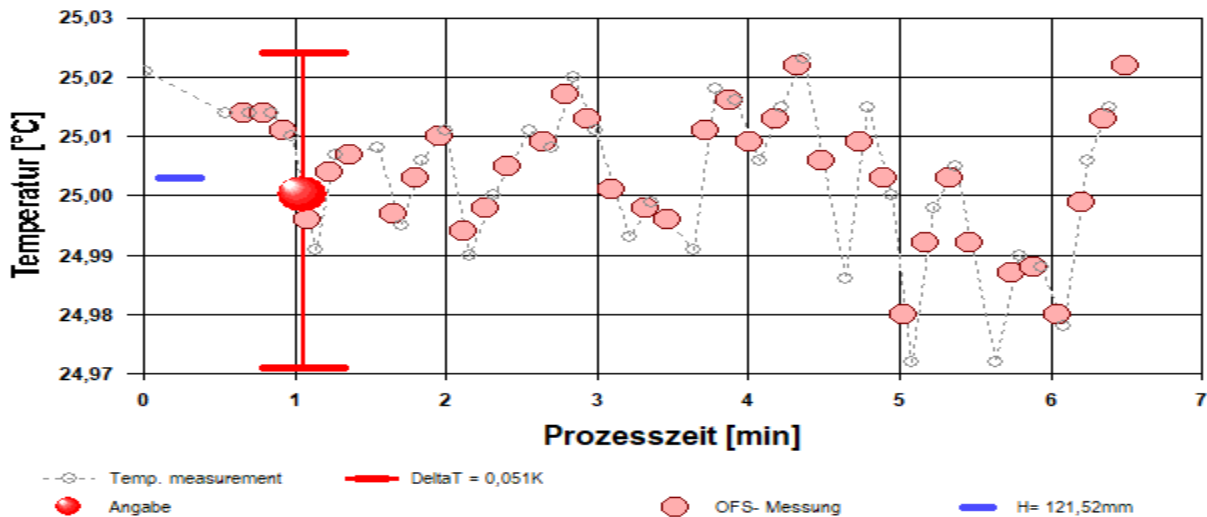
ihren Entwicklern. Zu bevorzugen ist die Berechnung nach *Young-Laplace-Petzoldt* oder *Harkins & Jordan*, d.h. die Verwendung der klassischen Korrekturtabellen - auf der auch andere Algorithmen beruhen. Weiterhin zur Berechnung - um kleine Abweichungen zu korrigieren, die auf der Unvollkommenheit der Ringgeometrie beruhen - wird ggf. ein Kalibrierfaktor f_c durch Justierung der Anzeige mittels einer Standardflüssigkeit eingesetzt. Das ausgewählte Berechnungsverfahren wird in diesem Bericht neben aller Eingangsdaten angegeben.

Angewandtes Verfahren und Ergebnisberechnung: ausdauernde Messungen über eine Zeitspanne hinweg und Angabe des Mittelwertes. Absicherung, dass keine zeitliche Veränderung auftritt und ein Gleichgewichtswert ermittelt wird.

• 2. Übersicht, Temperatur

Die Oberflächenspannung wurde 36-mal gemessen, Nettodauer des Messablaufs sechs Minuten; Temperaturänderung im Bereich von 24,98 bis 25,02°C.

- Diagramm 1. Temperaturverlauf und Übersicht - 'Temperaturprofil'



- Im Diagramm "Temperaturprofil" wird eine Übersicht zum zeitlichen Verlauf der Vorgänge und der jeweils aufgezeichneten Temperatur gezeigt. Die Zeitchase beginnt mit dem Startzeitpunkt dieser Messung. - Die Kreismarkierungen zeigen die einzelnen Temperaturmesswerte an, die kugelförmigen Marken stehen für Zeitpunkt und Temperaturzuordnung jeweiliger Messwerte der Oberflächenspannung. Eine größere kugelförmige Markierung gibt den Zeit/Temperaturangabewert in der Dokumentation des gesamten Messprozesses an.

• 3. Ergebniszusammenfassung

36 Messwerte; Zeitbereich 1 bis 6 min, Temperatur $\Delta T = 0,042$ K

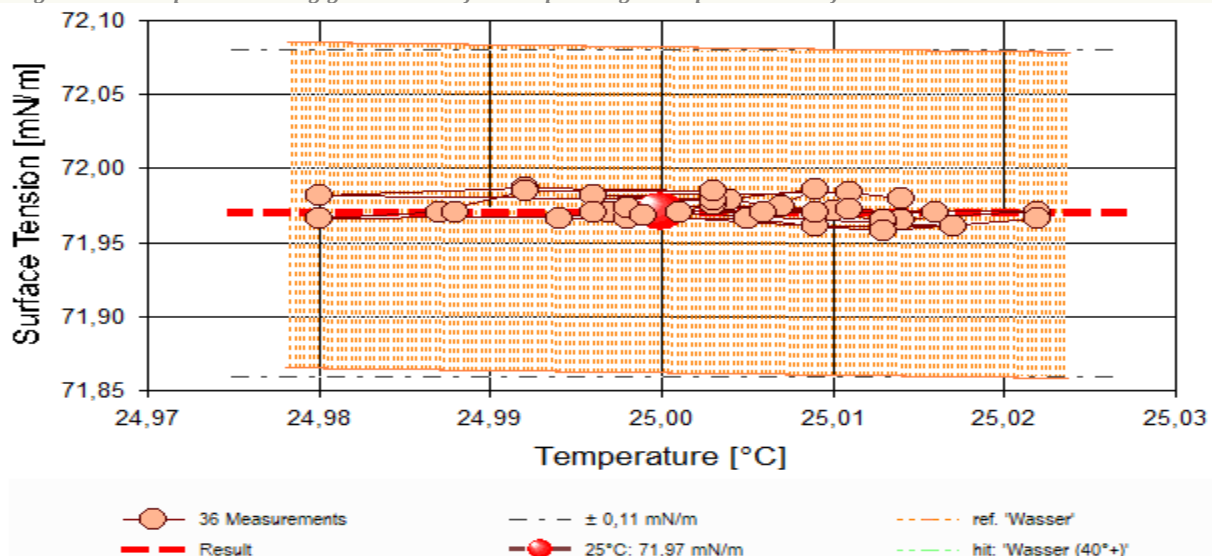
Resultat: $\gamma_{25^\circ\text{C}} = 71,97 \pm 0,11$ mN/m (298,15 K)

Streuung: $\pm 0,0078$ mN/m absolute bzw. 0,11‰ relative Standardabweichung

Berechnung: Mittelwert, unklare Zeit-Temperatur-Abhängigkeit.

- Die Messdaten werden automatisch analysiert. Ergebnis und ermittelte Formeln stellen Vorschläge dar, wobei sich aus den Umständen der Messung ggf. andere Zusammenhänge ergeben können. - Aus der Abwägung der Einflüsse werden formale Zusammenhänge für die Bewertung ermittelt und auch 'Qualitätsangaben' erzeugt, die, wie hier, offenbar nicht ganz eindeutig sind (eine Messzeitabhängigkeit kann immer Temperatureinflüsse überlagern - Ergebnisse werden eindeutiger, wenn im Messablauf stärker unregelmäßige Temperaturänderungen eingestellt werden).

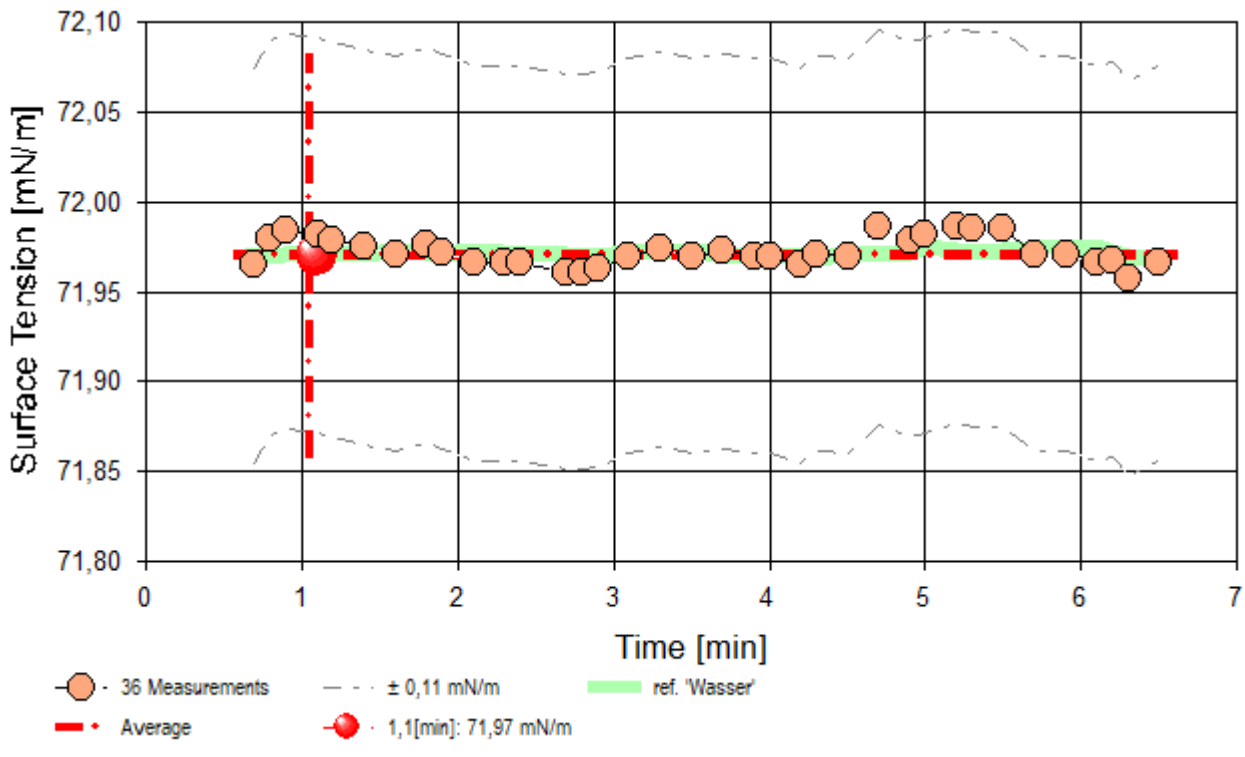
- Diagramm 2. Temperaturabhängigkeit der Oberflächenspannung - 'Temperaturverlauf'



- Das Diagramm "Temperaturverlauf" zeigt die einzelnen Messwerte der Oberflächenspannung als Kreissymbole in Abhängigkeit von der Temperatur an. Um den Angabewert ($\gamma_{25^\circ\text{C}} = 71,97$ mN/m) ist der Bereich der Messunsicherheit als dünn gestrichelte, parallele Doppellinie dargestellt. Der Verlauf einer

Regressionsfunktion zu den Messwerten ist als dickere, gestrichelte Linie eingezeichnet. Als fein schraffierter Bereich ist der Datenbank-Referenzwert von 'Wasser' in der Breite der angenommenen Messunsicherheit eingezeichnet. In gleicher Weise ist 'Wasser (40°+)' eingezeichnet, das gemäß Datenbank eine bessere Übereinstimmung mit dem Angabewert aufweist.

- Diagramm 3. Zeitprojektion der Messwerte - 'Zeitprojektion²'



- Im Diagramm "Zeitprojektion²" sind die einzelnen Messwerte als Kreissymbole in der zeitlichen Reihenfolge eingetragen. Um die Messwerte ist der Bereich der Messunsicherheit eingezeichnet. Der ausgewiesene Angabewert ist als dickere, gestrichelte, waagerechte Linie eingezeichnet. Als gestrichelte Linie werden Datenbank-Referenzwerte von 'Wasser' temperaturkompensiert eingezeichnet.

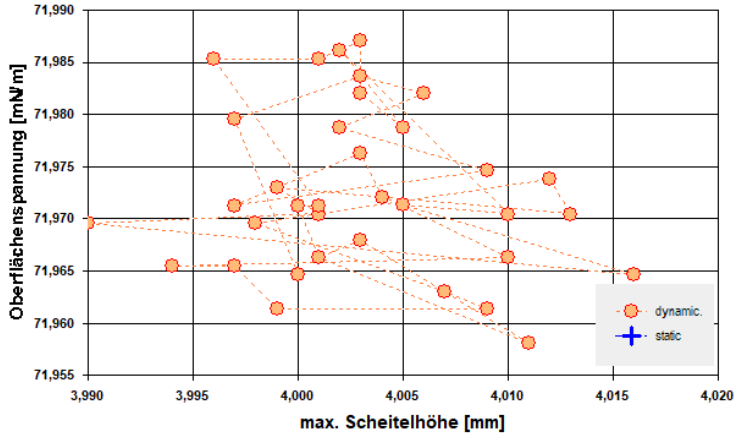
Tabelle 1: Protokoll der Mess- und Ergebnisdaten

N°	t [min]	θ [°C]	nPos	ΔZ [mm]	H _{Fmax} [mm]	W(F _{max}) [mg]	γ [mN/m]	τ _{rel.} [s]	Δρ [g/cm ³]
1.	0,7	25,014	106	0,423	4,00	945,02	71,96	4,1	0,9959
2.	0,8	25,014	106	0,423	4,00	945,21	71,98	3,6	0,9959
3.	0,9	25,011	106	0,424	4,00	945,26	71,98	3,5	0,9959
4.	1,1	24,996	105	0,421	4,01	945,24	71,98	3,6	0,9959
5.	1,2	25,004	106	0,424	4,00	945,20	71,98	3,7	0,9959
6.	1,4	25,007	108	0,425	4,01	945,15	71,97	3,4	0,9959
7.	1,6	24,997	108	0,424	4,00	945,11	71,97	3,3	0,9959
8.	1,8	25,003	106	0,424	4,00	945,17	71,98	3,7	0,9959
9.	1,9	25,010	108	0,423	4,00	945,12	71,97	3,4	0,9959
10.	2,1	24,994	106	0,425	4,01	945,04	71,97	3,6	0,9959
11.	2,3	24,998	106	0,423	3,99	945,03	71,97	3,2	0,9959
12.	2,4	25,005	107	0,425	4,00	945,03	71,97	3,4	0,9959
13.	2,7	25,009	106	0,423	4,00	944,98	71,96	3,6	0,9959
14.	2,8	25,017	105	0,422	4,01	944,98	71,96	3,4	0,9959
15.	2,9	25,013	106	0,423	4,01	945,00	71,96	3,5	0,9959
16.	3,1	25,001	105	0,423	4,00	945,08	71,97	3,6	0,9959
17.	3,3	24,998	106	0,424	4,01	945,14	71,97	3,7	0,9959
18.	3,5	24,996	106	0,423	4,01	945,10	71,97	3,5	0,9959
19.	3,7	25,011	108	0,424	4,00	945,13	71,97	3,1	0,9959
20.	3,9	25,016	108	0,424	4,00	945,10	71,97	3,5	0,9959
21.	4,0	25,009	107	0,422	3,99	945,08	71,97	3,3	0,9959
22.	4,2	25,013	107	0,424	4,02	945,02	71,96	3,7	0,9959
23.	4,3	25,022	108	0,425	4,01	945,11	71,97	3,4	0,9959
24.	4,5	25,006	105	0,423	4,01	945,10	71,97	3,7	0,9959
25.	4,7	25,009	105	0,424	4,00	945,29	71,99	3,3	0,9959
26.	4,9	25,003	106	0,423	4,01	945,20	71,98	3,3	0,9959
27.	5,0	24,980	107	0,422	4,00	945,24	71,98	3,6	0,9959
28.	5,2	24,992	106	0,424	4,00	945,30	71,99	3,5	0,9959
29.	5,3	25,003	107	0,423	4,00	945,28	71,99	3,5	0,9959
30.	5,5	24,992	105	0,422	4,00	945,28	71,99	3,4	0,9959
31.	5,7	24,987	106	0,424	4,00	945,11	71,97	3,5	0,9959
32.	5,9	24,988	106	0,424	4,00	945,11	71,97	3,4	0,9959
33.	6,1	24,980	108	0,424	4,00	945,04	71,97	3,7	0,9959
34.	6,2	24,999	106	0,424	4,00	945,06	71,97	3,4	0,9959

35.	6,3	25,013	106	0,424	4,01	944,94	71,96	3,9	0,9959
36.	6,5	25,022	107	0,423	4,00	945,04	71,97	3,3	0,9959

In der Tabelle gibt t den Zeitpunkt des Messwertes und θ die zugehörige Temperatur an. n_{Pos} steht für die Anzahl der Kraft/Positionswerte der Messkurvenabtastung über die Strecke ΔZ . Die Spalte H_{Fmax} gibt die Lamellenhöhe im Parabelsattel der Messkurve über dem Flüssigkeits-Nullniveau an. An dieser Stelle beträgt das Gewicht der Lamelle $W_{(Fmax)}$ und dieses entspricht der so gemessenen Oberflächenspannung γ . Die Zeitspanne τ_{rel} gibt die Dauer beim Auszug der Lamelle bis zum Erreichen der Maximalkraft an. In der Spalte $\Delta\rho$ ist die Dichtedifferenz (d.h. der Dichte von Wasser abzüglich der Luftdichte) bei der Temperatur angegeben.

- Diagramm 4. Lamellenhöhe in Abhängigkeit von der Oberflächenspannung - 'Lamellenhöhen²'



- Das Chart "Lamellenhöhen²" stellt die Oberflächenspannung in einen Zusammenhang mit der 'Lamellenhöhe' im Punkt der maximalen Kraft bzw. Spannung. Die Abhängigkeit ist in der Regel proportional; die Lamellenhöhe wird teilweise von der Gefäßoberfläche beeinflusst. Größere Streuungen im Werteverlauf zeigen eine unruhige Umgebung oder ungeeignete Ermittlungseinstellungen der Grenzflächenlage an (Nullniveau-Bestimmung); systematische Änderungen deuten je nach Umständen auf Effekte von Messgeschwindigkeitsvariationen oder auch die Bildung einer 'Oberflächenhaut' hin. - Beim Bestimmungsverfahren zur Pegelposition der Phasengrenze durch das Tastverfahren von unten (aus der Phase), wird die Höhe 0 (Nullniveau) durch den Kontakt der Ringoberseite mit der Phasengrenze definiert. Deshalb ist die Ringdrahtdicke (=0,185 mm) bei diesen absoluten Niveau-Höhen in Betracht zu ziehen.

• 4. Auswertungsverfahren & Messkörper

Berechnung: Laplace-Petzoldt.

Messring: Ring N°3 (PtIr-III), mittlerer Ringradius $R=9,602$ mm, Drahradius $r=0,185$ mm, linearer Ausdehnungskoeffizient $\alpha=8,9 \cdot 10^{-6} K^{-1}$, Volumenzusatz $0,3$ mm³. Anwendung des geometrischen Korrekturfaktors $f_G=1,0012$; Innendurchmesser des Messgefäßes $\varnothing=43,0$ mm.

Probensubstanz: Wasser, Dichte $\rho=0,997043$ g/cm³ (bei 25°C); die Dichtedifferenz $\Delta\rho$ wird zur jeweiligen Temperatur mit der Referenzfunktion berechnet.

- Die geometrischen Angaben zum Messring beziehen sich auf die Bezugstemperatur 25°C. Ein 'Volumenzusatz' ergänzt das mathematisch bestimmte Ringvolumen mit dem Volumen der Lötverbindung. Von der Flüssigkeitsdichte wird stets die zur Messung vorliegende Luftdichte ρ_a abgezogen. Die Berechnung der Dichte ρ zur jeweils vorliegenden Temperatur erfolgt mittels vorhandener Referenzdaten zu Wasser automatisch. Hierzu wird die Gleichung ' $\Delta\rho$ [g/cm³]=f(θ [°C]) = (99983.952+ 1695.2577 $\cdot\theta$ -0.79905127 $\cdot\theta^2$ -4.6241757E-3 $\cdot\theta^3$ +1.0584601E-5 $\cdot\theta^4$ -2.8103006E-8 $\cdot\theta^5$) / (1e5+ 1688.7236 $\cdot\theta$) - ρ_a ' verwendet.

Tabelle 2: Zu Berechnung und Klassifikation der einzelnen Messwerte

N°	F_{max} [mN]	F_{bz} [mN]	f_k -	v_z [mm·s ⁻¹]	X [mm]	t_x [s]	ΩK -
1.	9,1724	-0,0961	0,93575 p	0,085	-	-	¹ pD
2.	9,1742	-0,0961	0,93576 p	0,085	-	-	² pD
3.	9,1747	-0,0961	0,93577 p	0,085	-	-	² pD
4.	9,1745	-0,0961	0,93577 p	0,085	-	-	² pD
5.	9,1741	-0,0961	0,93576 p	0,085	-	-	² pD
6.	9,1736	-0,0961	0,93576 p	0,085	-	-	² pD
7.	9,1732	-0,0961	0,93576 p	0,085	-	-	¹ pD
8.	9,1738	-0,0961	0,93576 p	0,085	-	-	² pD
9.	9,1733	-0,0961	0,93576 p	0,0849	-	-	² pD
10.	9,1726	-0,0961	0,93575 p	0,085	-	-	² pD
11.	9,1725	-0,0961	0,93575 p	0,085	-	-	² pD
12.	9,1725	-0,0961	0,93575 p	0,085	-	-	² pD
13.	9,1720	-0,0961	0,93575 p	0,085	-	-	¹ pD
14.	9,1720	-0,0961	0,93575 p	0,085	-	-	² pD
15.	9,1722	-0,0961	0,93575 p	0,085	-	-	² pD
16.	9,1730	-0,0961	0,93576 p	0,085	-	-	² pD
17.	9,1735	-0,0961	0,93576 p	0,085	-	-	² pD
18.	9,1731	-0,0961	0,93576 p	0,085	-	-	² pD
19.	9,1744	-0,0951	0,93576 p	0,085	-	-	¹ pD
20.	9,1741	-0,0951	0,93576 p	0,085	-	-	² pD
21.	9,1740	-0,0951	0,93576 p	0,085	-	-	² pD
22.	9,1734	-0,0951	0,93575 p	0,085	-	-	² pD

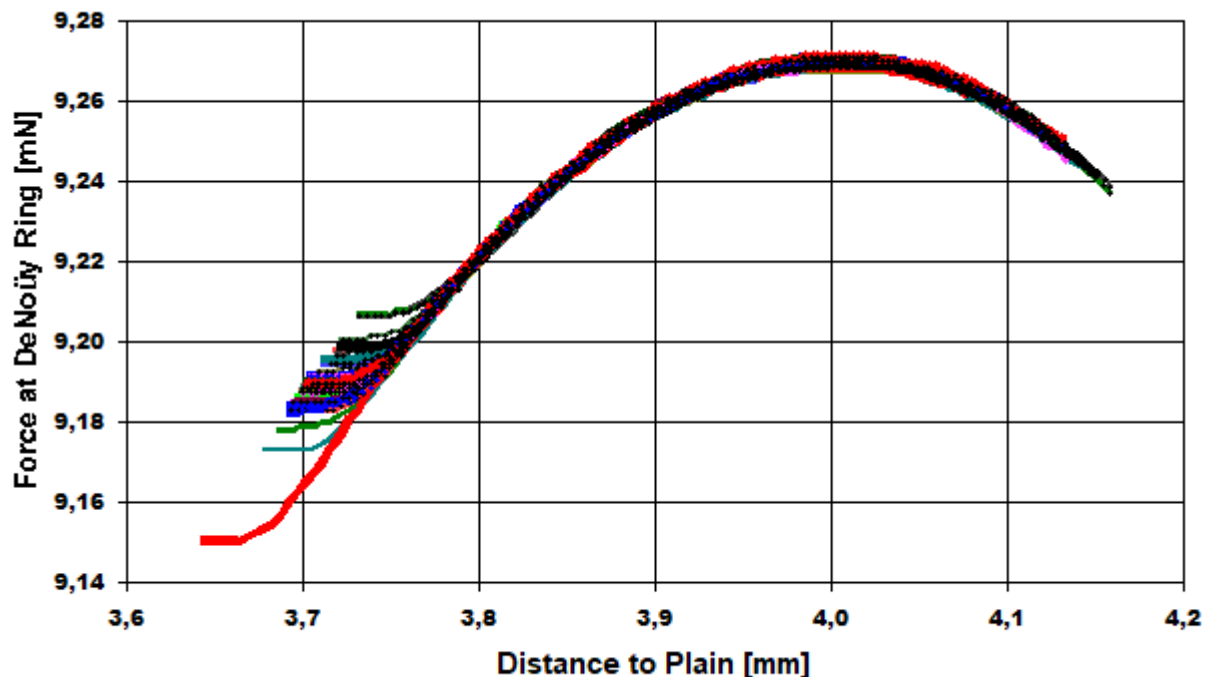
23.	9,1742	-0,0951	0,93576 p	0,085	-	-	² pD
24.	9,1741	-0,0951	0,93576 p	0,085	-	-	² pD
25.	9,1750	-0,0961	0,93577 p	0,085	-	-	¹ pD
26.	9,1741	-0,0961	0,93576 p	0,085	-	-	² pD
27.	9,1745	-0,0961	0,93577 p	0,085	-	-	² pD
28.	9,1751	-0,0961	0,93577 p	0,085	-	-	² pD
29.	9,1749	-0,0961	0,93577 p	0,085	-	-	² pD
30.	9,1749	-0,0961	0,93577 p	0,085	-	-	² pD
31.	9,1732	-0,0961	0,93576 p	0,085	-	-	¹ pD
32.	9,1732	-0,0961	0,93576 p	0,085	-	-	² pD
33.	9,1726	-0,0961	0,93575 p	0,085	-	-	² pD
34.	9,1728	-0,0961	0,93575 p	0,085	-	-	² pD
35.	9,1716	-0,0961	0,93575 p	0,085	-	-	² pD
36.	9,1726	-0,0961	0,93575 p	0,0849	-	-	² pD

F_{max} gibt den korrigierten Messwert der Maximalkraft an; dessen Kraftbezugswert wird mit F_{bz} ausgegeben (Berechnung: $\gamma = f_c \cdot f_k \cdot (F_{max} - F_{bz}) / (4\pi \cdot R)$). Der Faktor f_k der die Ringgeometrie und Dichteverhältnisse berücksichtigt, kann nach verschiedenen Rechenverfahren bestimmt werden, die jeweils in technischen Normen vorgeschrieben sein können. Um die Herkunft des Faktors f_k kenntlich zu machen, wird ein angehängtes Zeichen zugefügt: **h** steht für (interpolierte) Werte aus den original Harkins und Jordan Tabellen ([†] zeigt nicht interpolierbare Randlagen in der Tabelle an), **f** steht für die Tabellen nach Fox und Chrisman, **z** für Zuidema und Waters, **p** steht für den IMETER/Petzoldt'schen Lösungsalgorithmus, der die zugrundeliegende Differenzialgleichung adressiert sowie **w** für die unkorrigierte 'F/2U'-Berechnung des Näherungswertes. Mit v_z wird die Abzugsgeschwindigkeit angegeben, also die Geschwindigkeit, mit der Ring und Flüssigkeitsoberfläche zur Messung auseinander bewegt wurden. Falls während des Lamellenauszugs ein Bruch der Flüssigkeitlamelle auftrat, gibt **X** die Bruchhöhe und **t_x** dafür den relativen Zeitpunkt an.

Die Angabe **ΩK** ist das Klassifizierungskennzeichen der Messkurve: ¹¹ steht für eine Messkurve mit wenigen Sekunden zuvor frisch ermittelter Bezugskraft; bei ²¹ wurde die Bezugskraft übernommen; ³¹ bedeutet ohne Bezugskraft (tariert); 'k' bezeichnet vollständige Kurvenzüge, 'p' Teilkurven, 's' Einzelpunkt, 'r' Sonderformen; 'D' steht für dynamische Messkurven, 'S' für statische Mehrpunkt- oder 'M' Einzelpunktmessungen. Ein 'x' wird angehängt, wenn der Messwert unsicher ist und aus nicht-idealen Messkurven ermittelt wurde, z.B. bei verzerrter Parabelform.

DIN 53914 - zur Bestimmung der Oberflächenspannung - fordert für den Prüfbericht den Hinweis auf die Norm und einen Teil der hier gegebenen Angaben. Mit dem Hinweis auf den durchgängigen Einsatz des **Absolutverfahrens** gilt auch Konformität mit ASTM D 1331 und ISO 6889. Zusätzliche Angaben zu Art, Zubereitung und Alter der Probe sollten - für einen normgerechten Prüfbericht - über das Bemerkungsfeld des Datenblattes oder über die Kommentarfunktion (auch nach der Messung) dem Bericht beifügt sein.

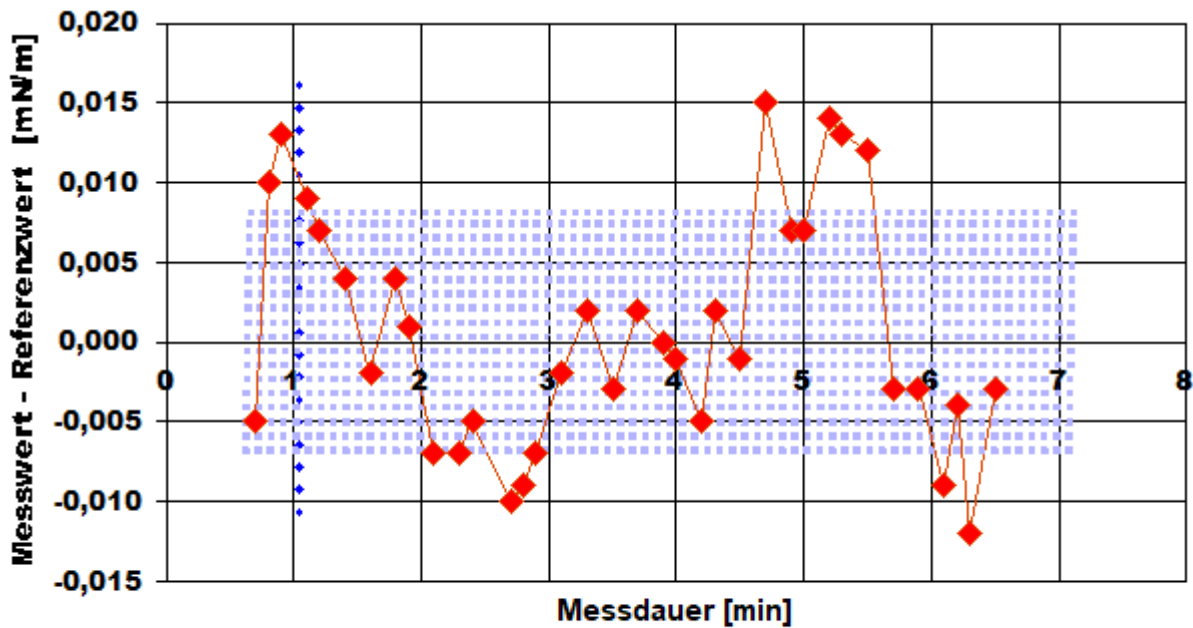
- Diagramm 5. Messkurven - Grundlage der Bestimmung der Oberflächenspannung - 'Measuring Curves'²¹



- Im Diagramm "Measuring Curves"²¹ werden die zu Grunde liegenden Messwerte als 'Messkraft' gegen 'Oberflächenabstand' dargestellt. Für die 36 Messkurven wird der korrigierte Sachverhalt bezüglich Kraft und Abstand von Ring und Flüssigkeitsoberfläche abgebildet. Qualität und Korrektheit zeichnen sich anhand glatter Kurvenzüge im Bereich des Kraftmaximums aus.

• 5. Referenzdatenvergleich

- Diagramm 6. IST/SOLL-Vergleich in zeitlicher Abfolge der Messwerte - 'DeltaChart'



Reference values for 'Wasser' acc. to $f(T[^\circ\text{C}])=235.8 \cdot (1-(T+273.15)/647.096)^{1.256} \cdot (1-0.625 \cdot (1-(T+273.15)/647.096))$
 Mean and Standarddev. of Residuals: $6,67\text{E-}4 \pm 7,5\text{E-}3$ mN/m, relative: +9,3 ppm at a spread of 0,1%

- Das Chart "DeltaChart" zeigt die temperaturkompensierten Abweichungen der einzelnen Messwerte zum Referenz- bzw. Erwartungswert in zeitlicher Sequenz.
- In Diagrammen wird der Datenbereich entsprechend vergrößert dargestellt, was mitunter gute Messungen nicht so aussehen lässt. Weiterhin ist die tatsächliche Korrektheit der Referenz sowie die Relation der Abweichung im Verhältnis zur Messunsicherheit in Betracht zu ziehen.

• 6. Referenzvergleich mit Wasser bei 25°C

	Referenz	Messung	Δ absolut	Δ relativ	Δ / u
γ	71,97	71,97	$\pm 0,00$ mN/m	---	@

- Der Ergebnisvergleich mit den Angaben, die in der Referenzdatenbank zu 'WASSER' gefunden wurden, stellt die Werteübereinstimmung dar. Der Unterschied wird als absolute Differenz "Probenmesswert minus Referenzwert" und als relative Abweichung angegeben. Das Symbol γ steht für die Messgröße; die Zahl zu " Δu " gibt ggf. an, um welchen Faktor die absolute Differenz von Mess- und Referenzwert größer ist als die angenommene Messunsicherheit. Das Zeichen "@" bringt zum Ausdruck, dass bei der Messgröße kein signifikanter Unterschied zwischen Mess- und Referenzwert auftritt.

• 7. Datenbankvergleich zum Ergebniswert

--- REFERENZ ---	----- mN/m -----	ABWEICHUNG	----- REF. ID -----
1. Wasser (40°+) ¹	71,97	---	ID1033.0
2. Wasser ¹	71,97	---	ID6.2
3. Hydrazin ²	66,39	-7,8%	ID7.6
4. Harn (Mensch) ²	66	-8,3%	ID1038.8
5. Glycerin ¹	63,17	-12%	ID202.3
6. Liquor cerebrospinalis ²	61,5	-15%	ID1035.8
7. Formamid ¹	57,03	-21%	ID17.8

¹Wert für 25,0°C berechnet, ²tabellierter Referenzwert. Stoffdaten nur aus dem Referenzdatenbestand. Die Liste wird in fallender Reihenfolge der Übereinstimmung aus den besten Treffern in den Einträgen der Referenzdatenbank generiert. Die Vergleichsdaten werden in der Präzision der jeweiligen Eintragsangabe formatiert und die relative Abweichung zum Angabewert der Messung angegeben.

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.

Programm

Data created during execution of the IMPro "TensIMETER-Qck", type 1/38. IMPro break by user in command line N°51.

Prüfmittel

Das Wägesystem (WZA224) wurde zuletzt 26 Tage vor dieser Messung von M. Breitwieser justiert. **IMETER ID23903733: Technische Daten:** Auflösung des Wägesystems 0,1 mg, Messunsicherheit (Linearität) 0,2 mg, Dichte der Justiermasse ρ_{cal} 8,000 g/cm³, Luftdichte ρ_{air} 1,1253 kg/m³; Schwerebeschleunigung g 9,80769 m/s². Pt100-Temperaturmessung: Auflösung 0,001[K], Messunsicherheit $\pm 0,0051$ [K], R° 100,0018[Ohm], AutoCal 30[min] (BN°2, -25/150°C, 4S, FS15, Offset: -0,0226). Die Messauflösung der sekundären Temperaturmessung beträgt 0,01 K, die Unsicherheit 0,03 K. Akquisitions-Softwareversion IMETER 7.1.12, LizenzN° *3037-4759*, Windows 6.2- Betriebssystem auf PC Ser.N°6995684 (C, SSD).

Report created by IMETER® & M. Breitwieser



Report created by IMETER

„Der automatische Bericht präsentiert die Datenlage und führt eine (Vor-)Interpretation aus. Die Tabellendaten sind in Spalten Tab-separiert und können somit sehr einfach z.B.in Excel oder per KI-Assistenz weiteranalysiert werden.

Jeder, der Messreihen zusammenfasst, forscht, auswertet, QS-Statistiken führt etc., kennt den Fall, dass manche Werte nicht ins Bild passen. Ausreißer? Die Dokumentation von Messungen, wie sie IMETER bietet, erlaubt es, sehr viel später noch die Plausibilität zu überprüfen. Das spart Zeit, Geld und Nerven, gibt Sicherheit und fördert Entdeckungen.