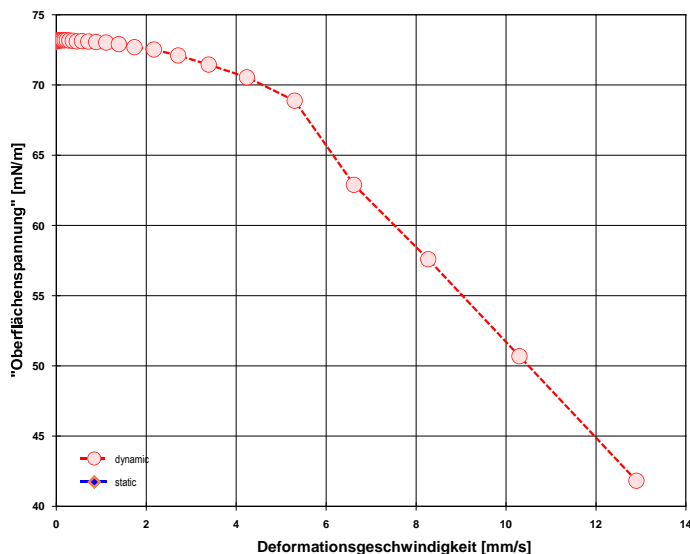


IMETER M1 "Ringmethode": dynamisches Spektrum Dynamische Oberflächenspannung Wasser (17.5°C)



Statisch und dynamisch bestimmte Oberflächenspannung von Wasser

In diesem Anwendungsbeispiel wird der Effekt der Plattform-Bewegeschwindigkeit zur Messung der *dynamischen Oberflächenspannung* betrachtet: Auf eine quasistatische Bestimmung der Oberflächenspannung durch Abtastung der Kraft über der Niveaulage des Kraftmaximums wird die Flüssigkeitsoberfläche in zunehmender Geschwindigkeit vertikal bewegt und die Kraftmaxima werden an den dynamischen Messkurven bestimmt.

Vom wahren Wert der Oberflächenspannung (73,11 mN/m), der statisch bestimmt ist, liegt der Wert zwischen den Bewegungsgeschwindigkeiten 0,025 bis 0,7 mm/s an (vgl. Wertetabellen) geringfügig über dem Literaturwert. Die Spannungsabnahme beschleunigt sich und zeigt sich zwischen 5 und 13 mm/s direkt proportional zur Geschwindigkeit.

Der praktische Nutzen dieser Messweise liegt im Beitrag zur Klärung der Frage nach der richtigen Messgeschwindigkeit und, dass im Sinne einer höheren Messfrequenz, Messungen (bei Wasser) schneller möglich sind und so eine bessere Zeitauflösung bei kinetische Messaufgaben erreichbar ist.



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

www.imeter.de

IMETER Anwendungen

Dieses Dokument zeigt einen automatisch generierten IMETER-Prüfbericht. 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 Modellersprache, 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, indem nicht nur das Messen, Steuern und Regeln, sondern auch die beurteilungsreife Ergebnisdarstellung automatisiert ist.

Anhand eines vollständigen Reports wird man in die Lage versetzt, Plausibilität und Validität einer Messung detailliert und assistiert selbst zu überprüfen.

IMETER ist für die Zusammenarbeit mit ML-KI-Tools zur Analyse komplexerer Datenlagen prädestiniert. Durch den Einsatz von Zufalls-Reihenfolgen und variierenden Stellgrößen (z.B. Geschwindigkeit, Pausenzeiten ...) können aus unübersichtlichen Zusammenhängen, Stoffeigenschaften mit relativ wenigen Messungen abgeleitet werden. – Oder, denkbar, man lässt sich das IMPro (=Messprogramm) durch eine KI vorschlagen?

IMETER - intelligenter messen.



IMETER V.5.5 rev.230

automatic Report (9A6017Q16312B), IMETER / MSB Breitwieser, Augsburg, 22. Jun 24

ID N° 399 - Surface Tension / Interpol.

Wasser 17.5°C - dynamic Speed-Spectrum

Sequenz mit statischer OFS-Messung am Anfang, dann mit potenziell zunehmender Plattformgeschwindigkeit (bei gleicher Beschleunigung).

Flüssigkeit/Vergleich: **'Wasser'**
Result: $\gamma_{17.51^{\circ}\text{C}} = 73,11 \pm 0,11 \text{ mN/m}$

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_c 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 nebst aller Eingangsdaten angegeben.

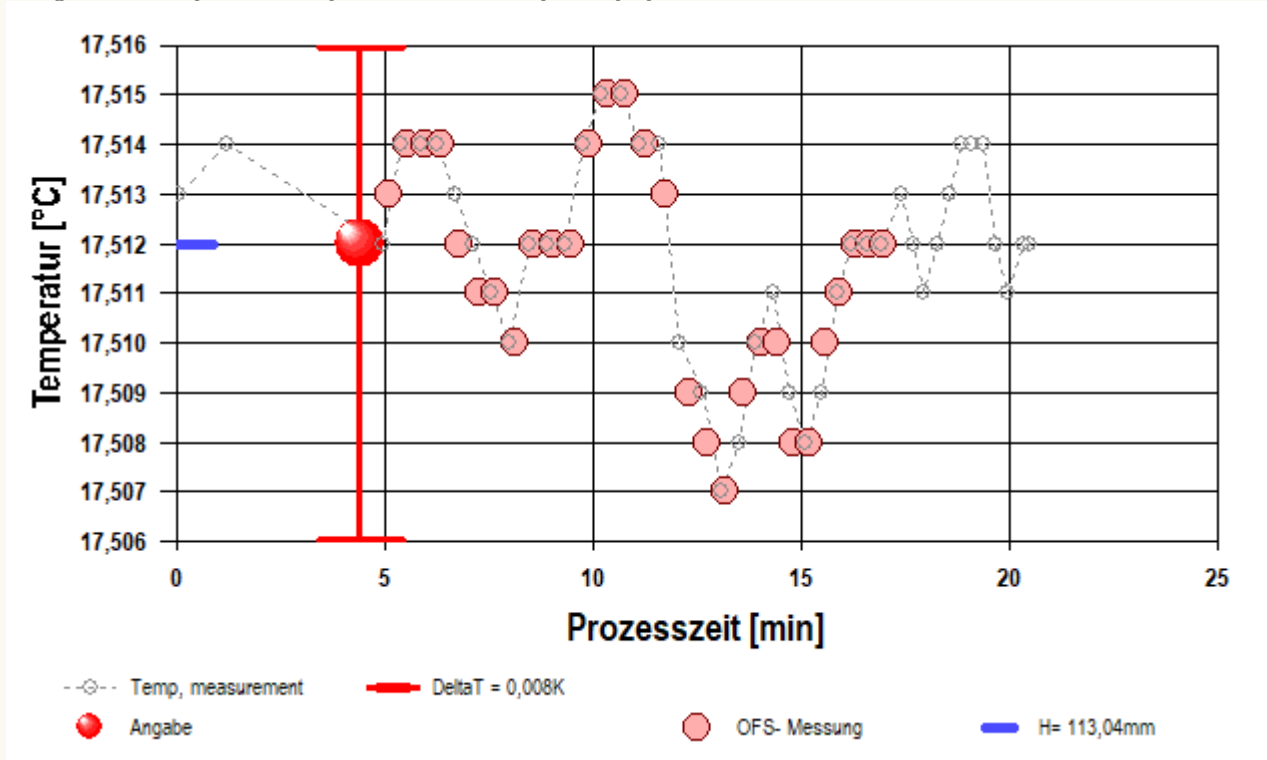
Angewandtes Verfahren und Ergebnisberechnung: ausdauernde Messungen über eine Zeitspanne hinweg; aus dem Zeitverlauf linear interpolierte Ergebnisangabe - uneinheitlicher Trend.

• 2. Übersicht, Temperatur

Die Oberflächenspannung wurde 30-mal gemessen, Nettodauer des Messablaufs 20 Minuten; Temperaturverlauf blieb im gesamten Zeitraum mäßig isotherm bei 17,512°C. Die Streuung als rel. Standardabweichung der den Messwerten zugeordneten Temperatur beträgt 0,126‰ (Mittelw.: 17,511±0,002°C)

- Die Angabe des 'Temperaturverlaufs' stellt die während der Messung registrierten Temperaturwerte dar (Maximalwert: 17,515°C, Minimalwert: 17,507°C). Dem hingegen bezieht sich die 'Streuung' auf den Verlauf der Temperatur zu Zeitpunkten der Messwerte.

→ **Diagramm 1. Temperaturverlauf und Übersicht - 'Temperaturprofil'**



- Im Diagramm "Temperaturprofil" wird eine Übersicht zum zeitlichen Verlauf der Vorgänge und der jeweils aufgezeichneten Temperatur gezeigt. Die Zeitachse 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/Temperatur-Angabewert in der Dokumentation des gesamten Messprozesses an.

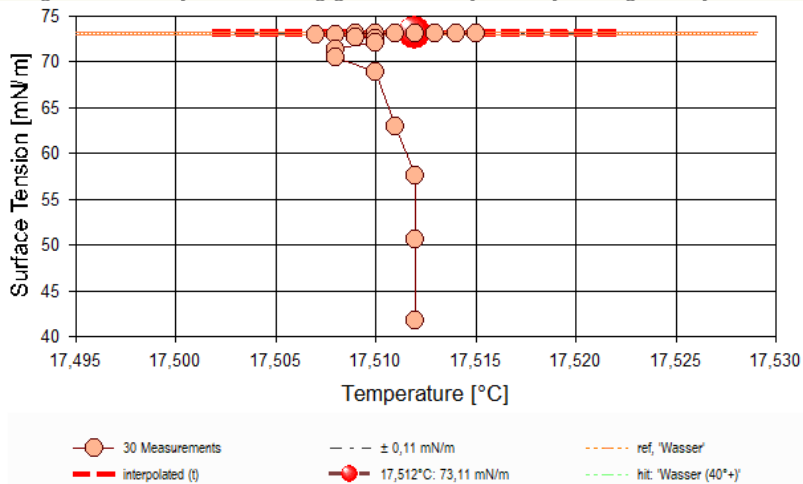
• 3. Ergebniszusammenfassung

30 Messwerte; Zeitbereich 4 bis 17 min, Temperatur $\Delta T = 0,008$ K ($\vartheta = 17,511 \pm 0,002$ °C)

Ergebnis: **73,11 ± 0,11** (Interpolation by time on measurements at 4,4 min)

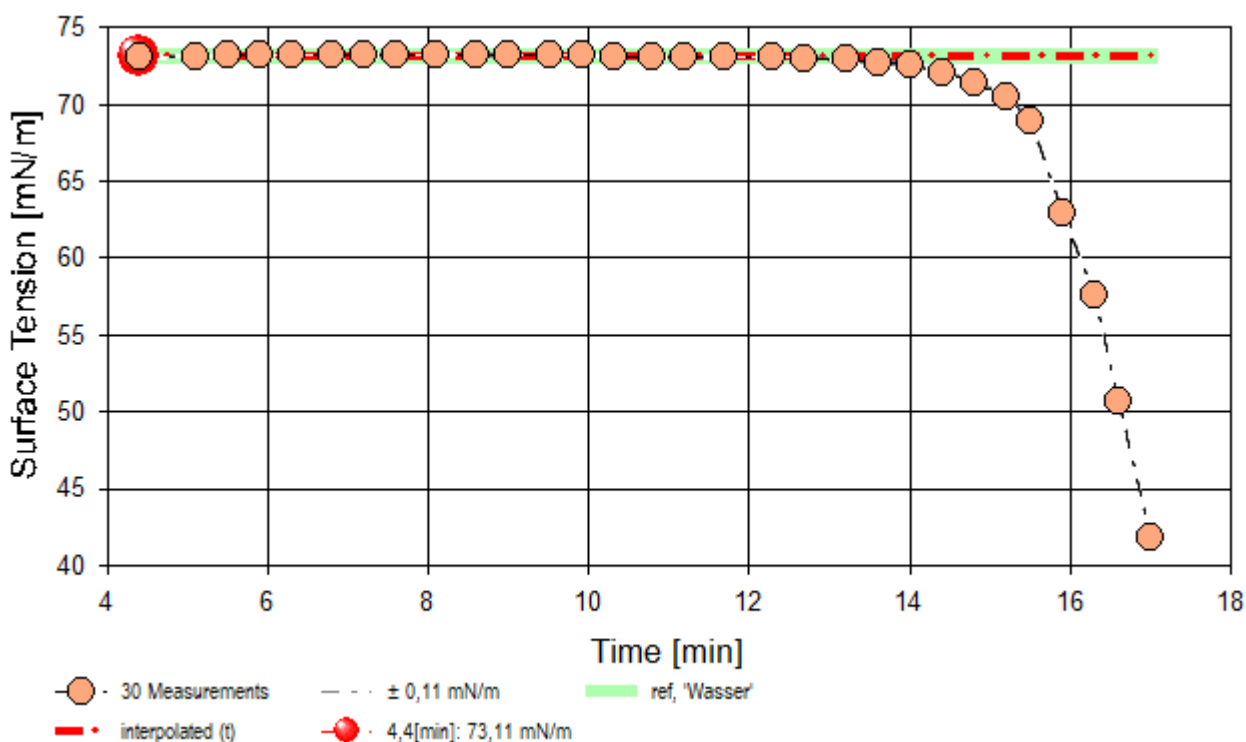
[Average: 70,13 mN/m, Standard deviation: ±7,4 mN/m]

→ 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 ($\gamma_{17,512^\circ\text{C}} = 73,11 \text{ mN/m}$) ist der Bereich der Messunsicherheit als dünn gestrichelte Kreislinie dargestellt. 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.

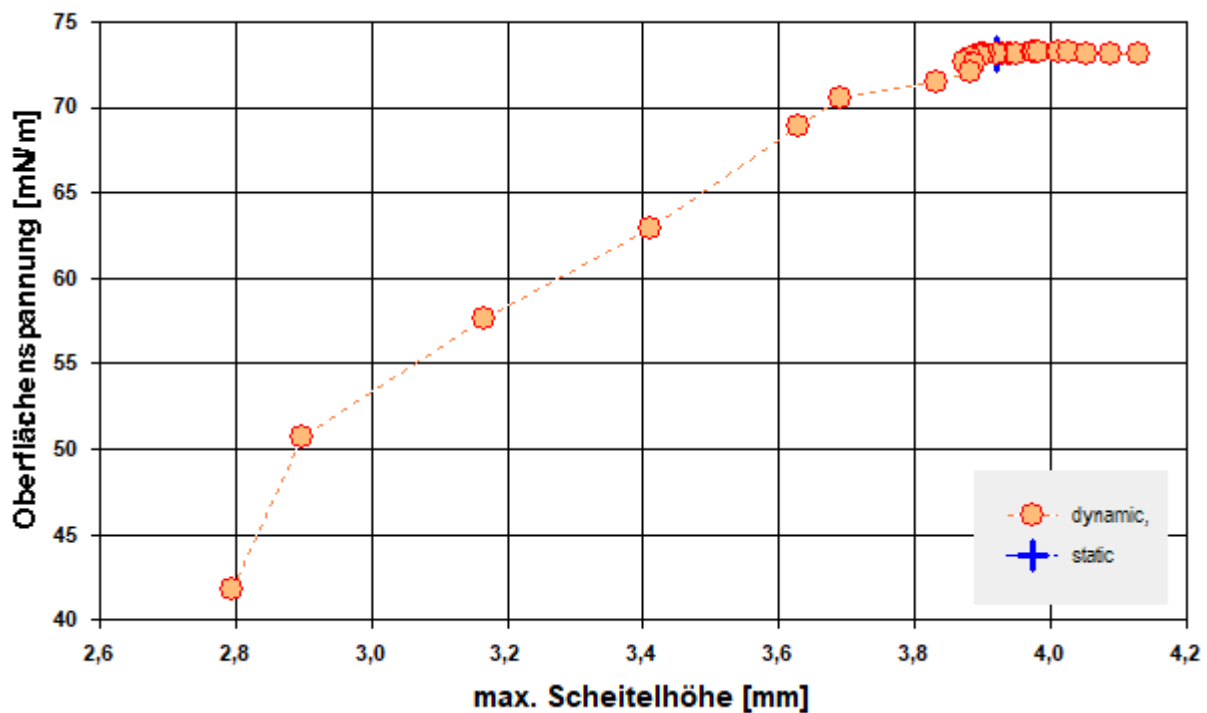
Tabelle 1: Protokoll der Mess- und Ergebnisdaten

N°	t [min]	ϑ [°C]	nPos	ΔZ [mm]	H _{Fmax} [mm]	W(F _{max}) [mg]	γ [mN/m]	τ_{rel} [s]	$\Delta\rho$ [g/cm ³]
1.	4,4	17,512	16	0,525	3,92	958,16	73,11	43,9	0,9976
2.	5,1	17,513	80	0,118	3,94	958,64	73,15	3,5	0,9976
3.	5,5	17,514	82	0,150	3,93	958,84	73,16	3,3	0,9976
4.	5,9	17,514	83	0,187	3,94	958,79	73,16	3,3	0,9976
5.	6,3	17,514	84	0,233	3,94	958,91	73,17	3,0	0,9976
6.	6,8	17,512	80	0,292	3,94	959,00	73,18	3,3	0,9976
7.	7,2	17,511	82	0,364	3,95	959,00	73,18	2,8	0,9976
8.	7,6	17,511	84	0,457	3,98	959,12	73,19	2,8	0,9976
9.	8,1	17,510	81	0,565	3,98	959,10	73,19	2,6	0,9976
10.	8,6	17,512	82	0,704	3,98	959,04	73,18	2,5	0,9976
11.	9,0	17,512	81	0,878	4,01	959,08	73,18	2,7	0,9976

12.	9,5	17,512	86	1,113	4,03	959,09	73,18	2,6	0,9976
13.	9,9	17,514	84	1,402	4,05	958,88	73,17	2,7	0,9976
14.	10,3	17,515	87	1,750	4,09	958,67	73,15	2,6	0,9976
15.	10,8	17,515	81	2,147	4,13	958,05	73,10	2,6	0,9976
16.	11,2	17,514	84	2,759	3,92	958,30	73,12	2,2	0,9976
17.	11,7	17,513	82	3,401	3,90	958,00	73,10	2,5	0,9976
18.	12,3	17,509	80	4,201	3,90	957,60	73,06	2,4	0,9976
19.	12,7	17,508	83	5,368	3,90	957,08	73,02	2,5	0,9976
20.	13,2	17,507	86	6,589	3,88	955,71	72,91	2,5	0,9976
21.	13,6	17,509	84	8,265	3,87	953,01	72,69	2,5	0,9976
22.	14,0	17,510	78	9,424	3,89	950,99	72,53	2,5	0,9976
23.	14,4	17,510	58	9,320	3,88	945,78	72,10	2,2	0,9976
24.	14,8	17,508	50	9,226	3,83	937,74	71,45	1,8	0,9976
25.	15,2	17,508	37	9,077	3,69	926,63	70,55	1,4	0,9976
26.	15,5	17,510	29	8,610	3,63	906,04	68,88	1,1	0,9976
27.	15,9	17,511	22	8,644	3,41	832,00	62,89	0,8	0,9976
28.	16,3	17,512	18	8,330	3,17	766,10	57,59	0,7	0,9976
29.	16,6	17,512	14	7,846	2,90	679,70	50,68	0,5	0,9976
30.	17,0	17,512	10	6,864	2,79	567,95	41,82	0,4	0,9976

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 $\tau_{rel.}$ 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 (=0,37 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, Drahtradius $r=0,185$ mm, linearer Ausdehnungskoeffizient $\alpha=8,9 \cdot 10^{-6} K^{-1}$, Volumenzusatz $0,3$ mm³. Anwendung des geometrischen Korrekturfaktors $f_G=1,0023$; Innendurchmesser des Messgefäßes $\varnothing=43,0$ mm.

Probensubstanz: Wasser, Dichte $\rho=0,998684$ g/cm³ (bei 17512°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· ϑ -0,79905127· ϑ^2 -4,6241757E-3· ϑ^3 +1,0584601E-5· ϑ^4 -2,8103006E-8· ϑ^5) / (1e5+ 1688,7236· ϑ) - ρ_a ' verwendet.

Tabelle 2: Zu Berechnung und Klassifikation der einzelnen Messwerte

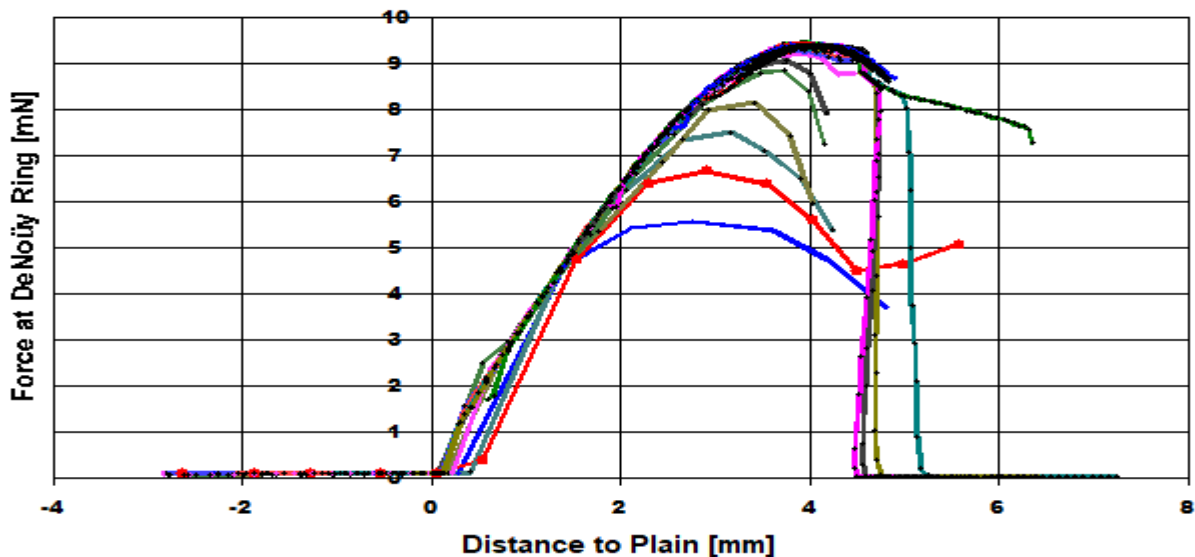
N°	F _{max.} [mN]	F _{bz.} [mN]	f _k -	v _z [mm·s ⁻¹]	X [mm]	t _x [s]	ΩK -
1.	9,3002	-0,0971	0,93651 p	8,78E-3	-	-	¹ pS
2.	9,3049	-0,0971	0,93654 p	0,025	-	-	² pD
3.	9,3069	-0,0971	0,93655 p	0,0312	-	-	² pD
4.	9,3064	-0,0971	0,93655 p	0,0391	-	-	² pD
5.	9,3076	-0,0971	0,93655 p	0,0488	-	-	² pD
6.	9,3085	-0,0971	0,93656 p	0,061	-	-	² pD
7.	9,3085	-0,0971	0,93656 p	0,0763	-	-	² pD
8.	9,3097	-0,0971	0,93657 p	0,0953	-	-	² pD
9.	9,3095	-0,0971	0,93657 p	0,119	-	-	² pD
10.	9,3089	-0,0971	0,93656 p	0,149	-	-	² pD
11.	9,3093	-0,0971	0,93656 p	0,186	-	-	² pD
12.	9,3094	-0,0971	0,93657 p	0,233	-	-	² pD
13.	9,3073	-0,0971	0,93655 p	0,291	-	-	² pD
14.	9,3052	-0,0971	0,93654 p	0,364	-	-	² pD
15.	9,2992	-0,0971	0,9365 p	0,455	4,899	4,34	² pD
16.	9,3016	-0,0971	0,93652 p	0,569	4,965	4,11	² pD
17.	9,2987	-0,0971	0,9365 p	0,711	-	-	² pD
18.	9,2947	-0,0971	0,93647 p	0,888	-	-	² pD
19.	9,2896	-0,0971	0,93644 p	1,11	-	-	² pD
20.	9,2762	-0,0971	0,93635 p	1,39	-	-	² kD
21.	9,2497	-0,0971	0,93618 p	1,74	-	-	² kD
22.	9,2299	-0,0971	0,93605 p	2,17	4,972	2,94	² kD
23.	9,1788	-0,0971	0,93571 p	2,71	4,986	2,63	² kD
24.	9,1000	-0,0971	0,93519 p	3,39	4,968	2,12	² kD
25.	8,9910	-0,0971	0,93446 p	4,24	4,894	1,67	² kD
26.	8,7891	-0,0971	0,93307 p	5,30	4,975	1,32	² kD
27.	8,0629	-0,0971	0,92782 p	6,62	5,059	1,09	² kD
28.	7,4166	-0,0971	0,92268 p	8,27	5,532	0,96	² kD
29.	6,5692	-0,0971	0,91516 p	10,3	-	-	² kD
30.	5,4732	-0,0971	0,9037 p	12,9	-	-	² kD

F_{max.} gibt den korrigierten Messwert der Maximalkraft an; dessen Kraftbezugswert wird mit F_{bz.} ausgegeben (Berechnung: $\gamma = f_k \cdot (F_{max} - F_{bz.}) / (4\pi \cdot R)$). 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 zugrundeliegenden 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: ¹ steht für eine Messkurve mit wenigen Sekunden zuvor frisch ermittelter Bezugskraft; bei ² wurde die Bezugskraft übernommen; ³ 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.

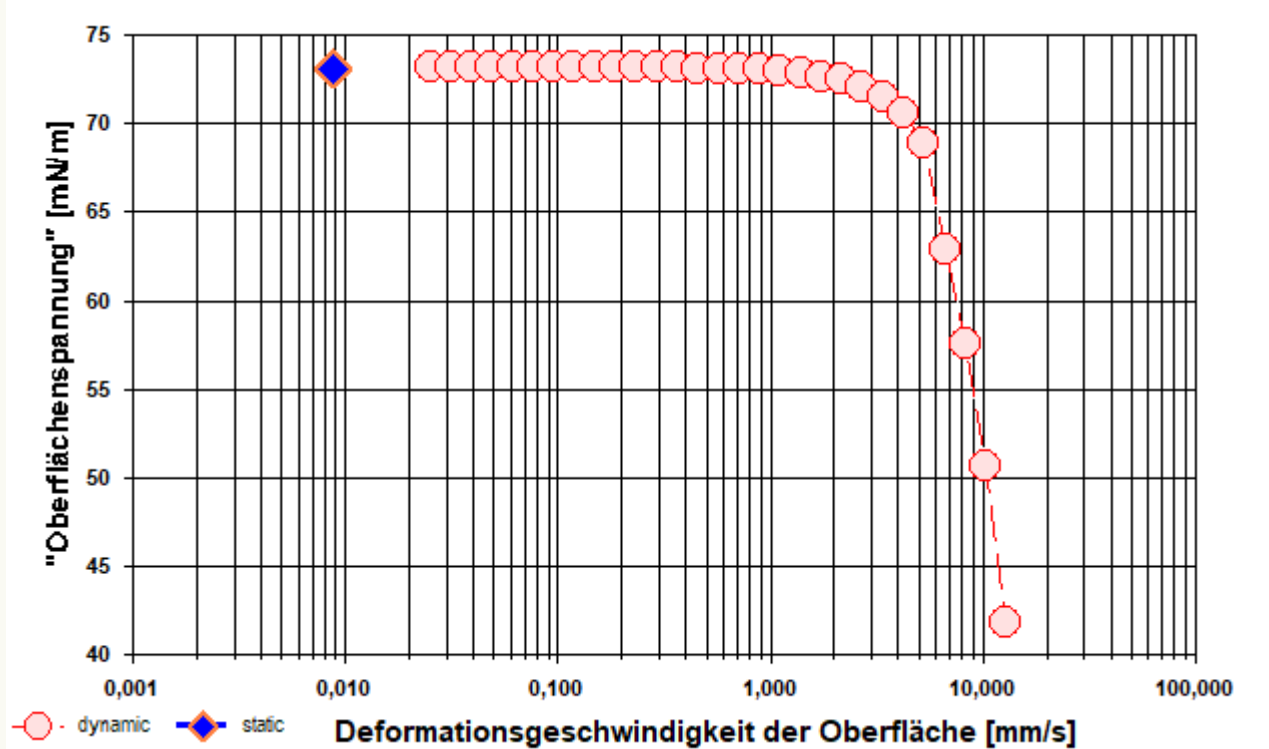
DIN 53914 - zur Bestimmung der Oberflächenspannung - fordert für den Prüfbericht den Hinweis auf die Norm und einen Teil der hier gegebenen Angaben. Mit dem Hinweis auf den durchgängigen Einsatz des **Absolutverfahrens** gilt auch Konformität mit ASTM D 1331 und ISO 6889. Zusätzliche Angaben zu Art, 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 beigelegt sein.

- Diagramm 5. Messkurven - Grundlage der Bestimmung der Oberflächenspannung - 'Measuring Curves'²



- Im Diagramm "Measuring Curves²" werden die zu Grunde liegenden einzelnen Kraftmesswerte als 'Messkraft' gegen 'Lamellenhöhe' für alle Messpunkte der 30 Messkurven dargestellt. Eine Messkurve beschreibt einen Oberflächenspannungswert. Die Lamellenhöhe ist der über Kraft, Dichte und Gefäßoberfläche korrigierte Abstand der Ebene der Ringoberseite zum NullNiveau der Flüssigkeitsoberfläche. Qualität und Korrektheit einer Messung zeichnen sich durch glatte, konvexe Kurvenzüge im Bereich der Kraftmaxima aus.

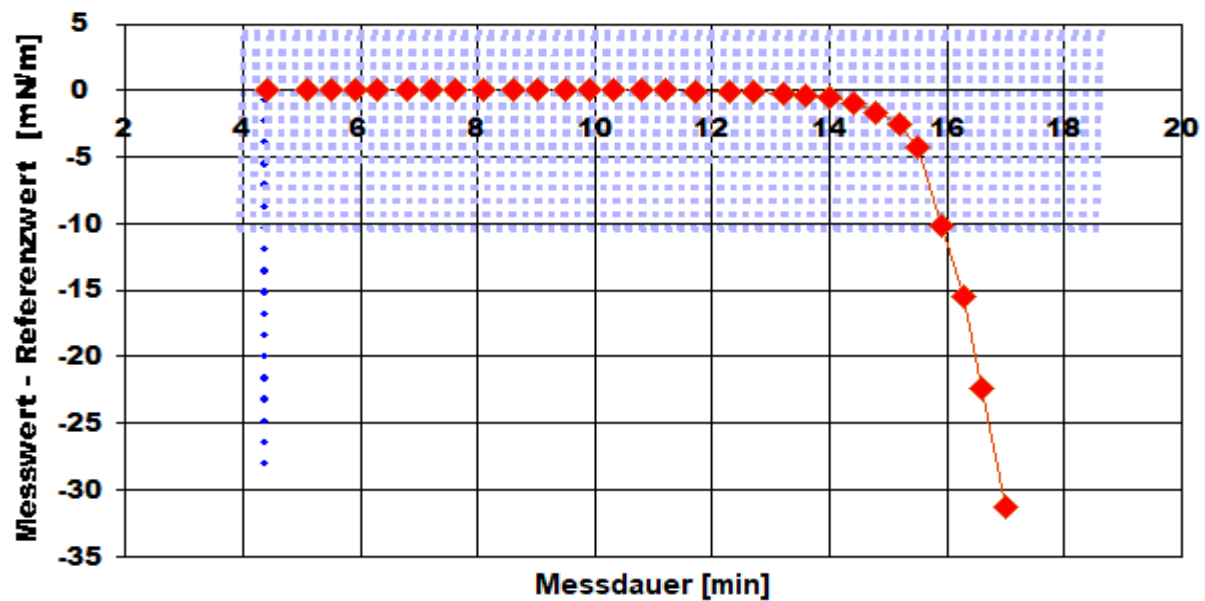
- Diagramm 6. Z-Geschwindigkeit beim Lamellenauszug - 'Geschwindigkeitsdiagramm²'



- Das Chart "Geschwindigkeitsdiagramm²" zeigt die Abhängigkeit der Oberflächenspannung von der Auszugsgeschwindigkeit an. Dynamisch bzw. statisch bestimmte Messwerte werden separiert dargestellt. Bei (quasi-)statischen Lamellenauszügen wird die angegebene Geschwindigkeit über die Messpositionen gemittelt; Geschwindigkeiten bei dynamischer Messung werden als unkorrigierte Verfah-Geschwindigkeiten der Plattform angegeben.

• 5. Referenzdatenvergleich

- Diagramm 7. 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: $-2,98 \pm 7,4$ mN/m, relative: $-4,1\%$ at a spread of 10%

- 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 17512°C

	Referenz	Messung	Δ absolut	Δ relativ	Δ / u
γ	73,11	73,11	$\pm 0,00$ 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	73,11	---	ID1033,2
2, Wasser ¹	73,11	---	ID6,9
3, Hydrazin ²	66,39 (25°C)	-9,2%	ID7,1
4, Harn (Mensch) ²	66	-9,7%	ID1038,4
5, Glycerin ¹	63,51	-13%	ID202,3
6, Liquor cerebrospinalis ²	61,5	-16%	ID1035,4
7, Formamid ¹	57,66	-21%	ID17,1

¹Wert für 17512,0°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-Qck²a", type 1/38. Automatic self-repetition of the IMPro - the 5. Repetition. IMPro finished as projected.

Prüfmittel

Die Wägeeinheit (WZA224) wurde zuletzt drei 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} 8,00 g/cm³, Luftdichte ρ_{air} 1,10845 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 (BN^o1, -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 7.4.17, LizenzN^o *3037-4759*, Windows 6.2,9200- Betriebssystem auf PC Ser.N^o6995684 (C, SSD).

• 8. Kommentar/Bewertung/Interpretation

Der Korrekturfaktor (fk) wurde für den Zielwert der statischen OFS von Wasser eingestellt.

"Nachtägliche Anmerkungen" sind Bemerkungen eines Anwenders, die nach Abschluss zur Dokumentation hinzugefügt wurden.



Report created by IMETER ©

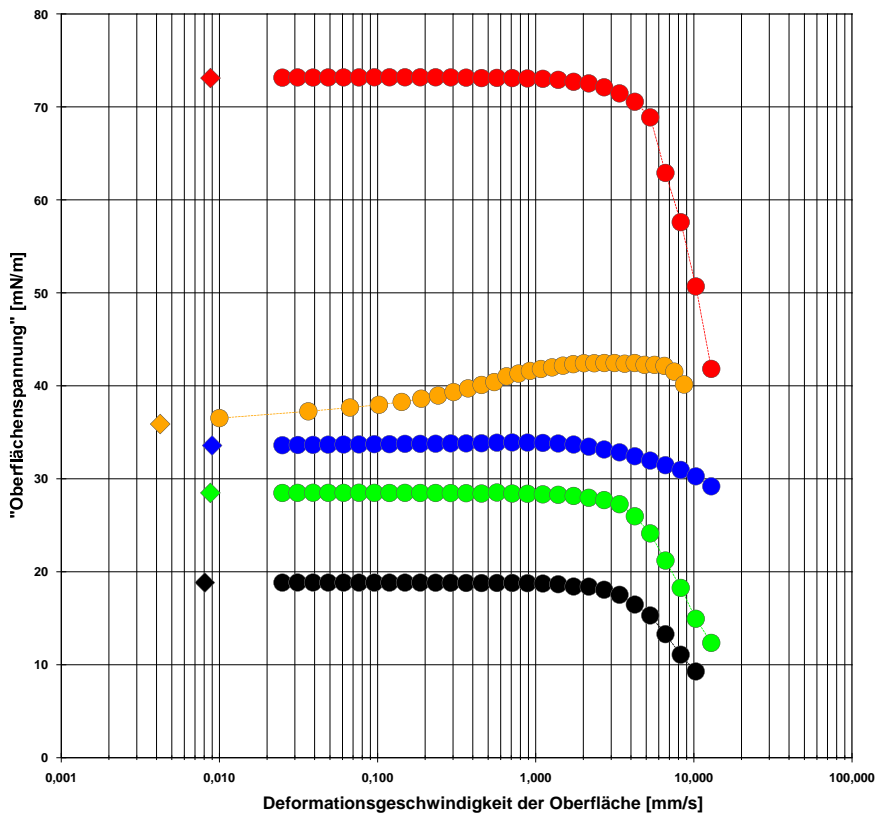
„Der automatische Bericht präsentiert die Datenlage und führt eine (Vor-)Interpretation aus. Die Tabellendaten sind in Spalten Tab-separiert und können somit sehr einfach z.B. in Excel oder einem KI-Assistenten weiteranalysiert werden.

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.

Die Viskosität spielt - soweit dies nach bisherigen Erfahrungen angegeben werden kann - eine nachgeordnete Rolle; eher interessant sind Fragen nach molekularer Orientierung/Strukturierung oder ob der Einfluß weitreichender Wechselwirkungen (Dipol-

Wechselwirkungen, *long range Forces*) für gewisse Effekte verantwortlich sein kann.

Die Messung über Kräfte und Kraftverläufe adressiert das Wesentliche dieser Oberflächen-Messgröße. Es gibt keine eigentliche Querempfindlichkeiten, Kräfte sind mit der Wirklichkeit identisch und zu interpretieren. Dass bei rel. hohen Geschwindigkeiten Effekte interferieren (Struktur/Topologie, Viskosität) und evtl. die Berechnungsformeln für die Grenzflächenspannungen ihren Gültigkeitsbereich verlassen, erfordert allerdings eine fachliche Diskussion.



Wasser, Bio-Rohmilch, Dibasischer Ester (DBE), Toluol, Isooktan.