



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

www.imeter.de

IMETER Anwendungen

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.

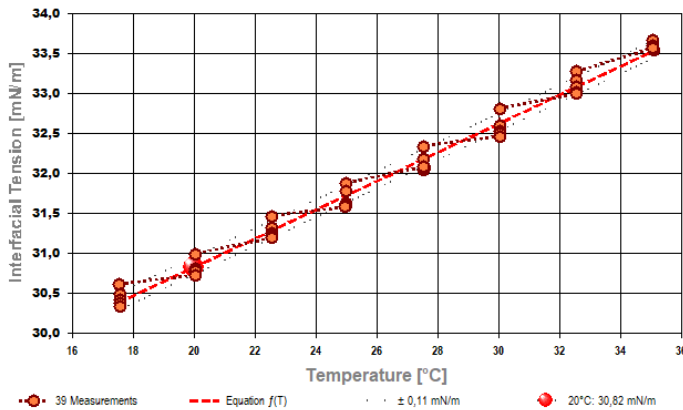
IMETER spart sehr viel Arbeitszeit, indem nicht nur das Messen, Steuern und Regeln, sondern auch die beurteilungsreife Ergebnisdarstellung automatisiert ist!

Anhand eines vollständigen Reports wird der Anwender in die Lage versetzt, Plausibilität und Validität einer Messung detailliert 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 M2 "Ringmethode": GFS-Temperaturabhängigkeit Statische Grenzflächenspannung zwischen Hexan/Wasser



statische Messung der Wasser - Hexan Grenzflächenspannung zwischen 17,5 und 35°C (gesättigte Phasen)

Dieses Anwendungsbeispiel dokumentiert eine Messung zur Temperaturabhängigkeit der Grenzflächenspannung.

Die Grenzflächenspannung zwischen Wasser und Hexan konnte nicht als zeitstabile Eigenschaft gefunden werden – die Grenzflächenspannung fällt mit der Zeit und nach Phasenvermischung stark ab. Die mutmaßlich gegenseitig gesättigten Phasen zeigen eine gegenüber der Erstmessung (51 mN/m) deutlich reduzierte Grenzflächenspannung.

Die Messung der Temperaturabhängigkeit zwischen 35°C, Starttemperatur, bis 17,5°C in Schritten von 2,5 K, zeigte mit fallender Temperatur ebenso fallende Spannungsmesswerte. Der positive Temperaturkoeffizient wird als Effekt („höhere Ordnung bei höherer Temperatur“) als hier mit der Temperatur irregulär abnehmende Grenzflächen-Entropie gedeutet.



IMETER V.5.5 rev.230

automatic Report (7F8EE7M16312B), IMETER / MSB Breitwieser, Augsburg, 20. Jun 24

ID N° 394 - Interfacial Tension / ΔT

Wasser/Hexan : 17,5°C / 2.5K/ 35°C

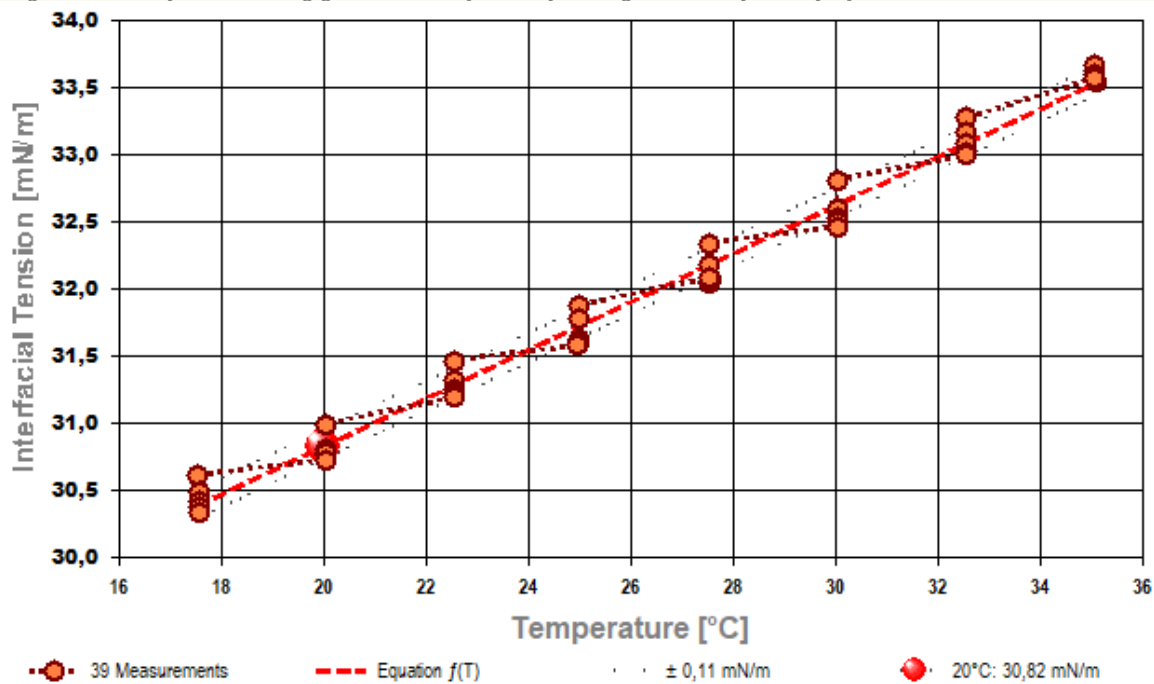
... stabiler Endwert der Grenzflächenspannung

<Phasen seit 6 Tagen in Kontakt>

Interfacial Tension: **Hexan / Wasser**

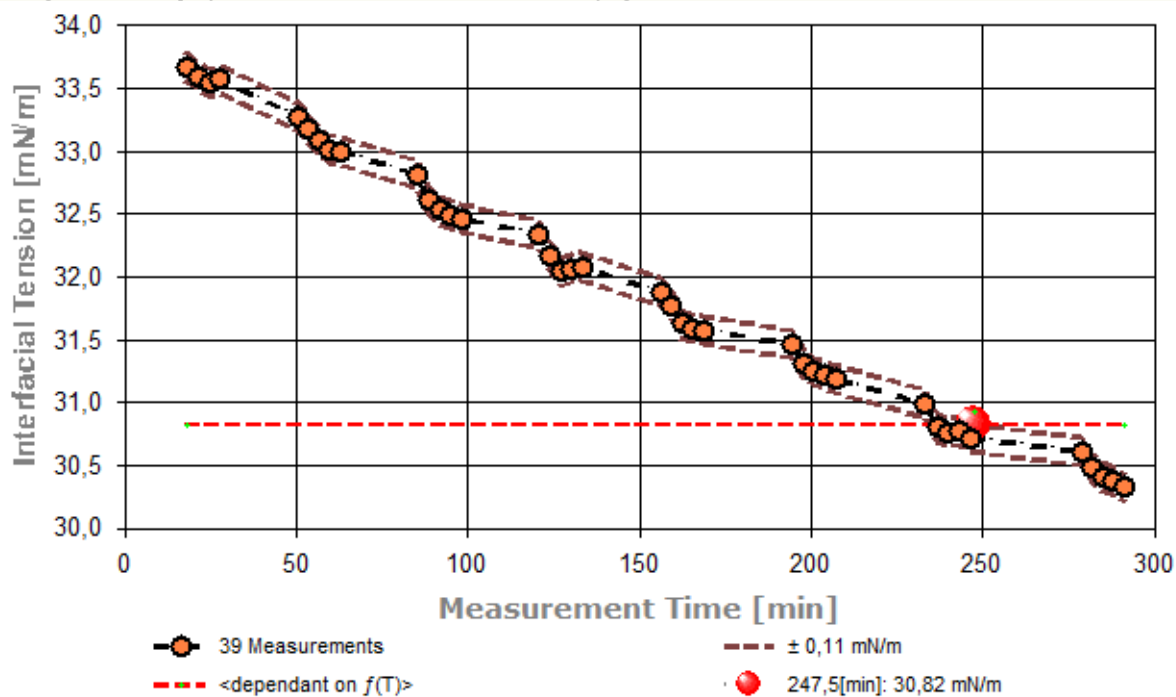
Result: **$\gamma_{20^\circ\text{C}} = 30,82 \pm 0,11 \text{ mN/m}$, $\kappa_\gamma = -58 \cdot 10^{-4} \text{ K}^{-1}$**

→ Diagramm 2. Temperaturabhängigkeit der Grenzflächenspannung - 'GFS-Temperaturprojektion'²¹



- Das Diagramm "GFS-Temperaturprojektion"²¹ zeigt die einzelnen Messwerte der Grenzflächenspannung als Kreissymbole in Abhängigkeit von der Temperatur an. Um den Angabewert ($\gamma_{20^\circ\text{C}} = 30,82 \text{ mN/m}$) ist der Bereich der Messunsicherheit als dünn gestrichelte, parallele Doppellinie dargestellt. Der Verlauf einer Regressionsfunktion zu den Messwerten ist als dickere, gestrichelte Linie eingezeichnet.

→ Diagramm 3. Zeitprojektion der Messwerte - 'GFS-Zeitliche Abfolge'²¹



- Im Diagramm "GFS-Zeitliche Abfolge"²¹ 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.

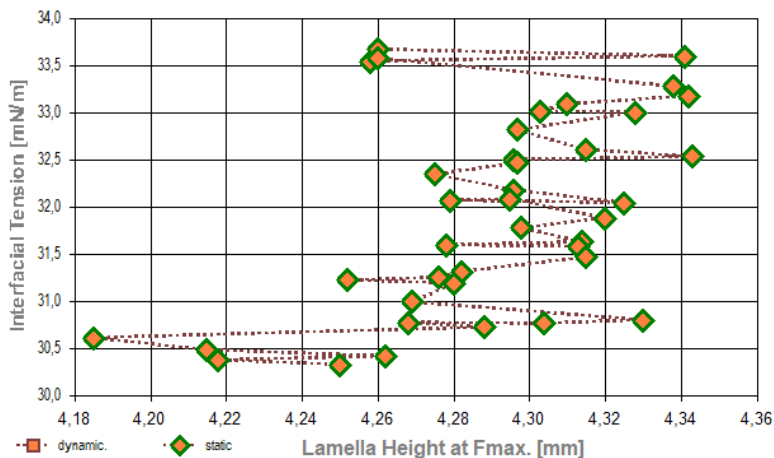
Tabelle 1: Protokoll der Mess- und Ergebnisdaten

| 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. | 18,3 | 35,054 | 39 | 1,329 | 4,26 | 432,41 | 33,67 | 106,8 | 0,3478 |
| 2. | 21,7 | 35,066 | 39 | 1,330 | 4,34 | 431,60 | 33,60 | 105,9 | 0,3478 |
| 3. | 24,7 | 35,086 | 35 | 1,190 | 4,26 | 430,98 | 33,54 | 93,1 | 0,3478 |
| 4. | 27,8 | 35,063 | 35 | 1,190 | 4,26 | 431,30 | 33,57 | 92,4 | 0,3478 |
| 5. | 50,6 | 32,542 | 35 | 1,190 | 4,34 | 427,70 | 33,28 | 101,5 | 0,3464 |
| 6. | 53,6 | 32,554 | 39 | 1,330 | 4,34 | 426,50 | 33,17 | 101,9 | 0,3464 |
| 7. | 56,7 | 32,558 | 35 | 1,190 | 4,31 | 425,49 | 33,09 | 92,3 | 0,3464 |

| | | | | | | | | | |
|-----|-------|---------------|----|-------|------|--------|--------------|-------|--------|
| 8. | 59,7 | 32,563 | 39 | 1,330 | 4,30 | 424,62 | 33,01 | 98,8 | 0,3464 |
| 9. | 63,0 | 32,567 | 39 | 1,330 | 4,33 | 424,46 | 33,00 | 104,7 | 0,3464 |
| 10. | 85,3 | 30,036 | 35 | 1,190 | 4,30 | 422,09 | 32,82 | 91,7 | 0,3448 |
| 11. | 88,5 | 30,039 | 39 | 1,330 | 4,32 | 419,60 | 32,61 | 106,6 | 0,3448 |
| 12. | 91,8 | 30,043 | 39 | 1,330 | 4,34 | 418,69 | 32,53 | 104,8 | 0,3449 |
| 13. | 94,9 | 30,053 | 39 | 1,330 | 4,30 | 418,29 | 32,50 | 97,2 | 0,3449 |
| 14. | 98,1 | 30,032 | 39 | 1,330 | 4,30 | 417,92 | 32,47 | 100,1 | 0,3448 |
| 15. | 120,4 | 27,539 | 35 | 1,189 | 4,28 | 416,30 | 32,34 | 87,7 | 0,3433 |
| 16. | 123,6 | 27,538 | 39 | 1,330 | 4,30 | 414,32 | 32,18 | 95,0 | 0,3433 |
| 17. | 127,0 | 27,536 | 39 | 1,330 | 4,33 | 412,71 | 32,04 | 110,6 | 0,3433 |
| 18. | 130,0 | 27,556 | 39 | 1,329 | 4,28 | 413,00 | 32,07 | 94,0 | 0,3433 |
| 19. | 133,2 | 27,528 | 39 | 1,330 | 4,30 | 413,18 | 32,08 | 91,9 | 0,3433 |
| 20. | 156,1 | 25,004 | 39 | 1,330 | 4,32 | 410,64 | 31,88 | 103,5 | 0,3417 |
| 21. | 159,3 | 24,984 | 39 | 1,330 | 4,30 | 409,38 | 31,78 | 101,2 | 0,3417 |
| 22. | 162,3 | 24,990 | 39 | 1,330 | 4,31 | 407,60 | 31,63 | 93,8 | 0,3417 |
| 23. | 165,4 | 24,974 | 39 | 1,330 | 4,28 | 407,20 | 31,59 | 88,8 | 0,3417 |
| 24. | 168,7 | 24,970 | 39 | 1,330 | 4,31 | 407,02 | 31,58 | 98,8 | 0,3417 |
| 25. | 194,5 | 22,541 | 39 | 1,330 | 4,32 | 405,51 | 31,46 | 98,9 | 0,3401 |
| 26. | 197,6 | 22,539 | 35 | 1,190 | 4,28 | 403,70 | 31,31 | 96,5 | 0,3401 |
| 27. | 200,7 | 22,544 | 39 | 1,329 | 4,28 | 402,96 | 31,25 | 100,5 | 0,3401 |
| 28. | 203,9 | 22,550 | 39 | 1,330 | 4,25 | 402,61 | 31,22 | 95,0 | 0,3401 |
| 29. | 207,1 | 22,539 | 39 | 1,330 | 4,28 | 402,24 | 31,19 | 95,4 | 0,3401 |
| 30. | 233,2 | 20,032 | 35 | 1,190 | 4,27 | 399,72 | 30,99 | 97,0 | 0,3383 |
| 31. | 236,6 | 20,037 | 39 | 1,330 | 4,33 | 397,43 | 30,80 | 116,3 | 0,3383 |
| 32. | 239,9 | 20,044 | 39 | 1,329 | 4,30 | 397,00 | 30,76 | 110,3 | 0,3384 |
| 33. | 243,1 | 20,044 | 39 | 1,330 | 4,27 | 397,11 | 30,77 | 94,5 | 0,3384 |
| 34. | 246,4 | 20,047 | 39 | 1,330 | 4,29 | 396,51 | 30,72 | 103,1 | 0,3384 |
| 35. | 278,6 | 17,534 | 35 | 1,190 | 4,19 | 395,02 | 30,61 | 85,6 | 0,3366 |
| 36. | 281,7 | 17,554 | 39 | 1,330 | 4,22 | 393,50 | 30,48 | 90,8 | 0,3366 |
| 37. | 284,8 | 17,560 | 39 | 1,330 | 4,26 | 392,70 | 30,42 | 91,5 | 0,3366 |
| 38. | 287,9 | 17,557 | 39 | 1,330 | 4,22 | 392,20 | 30,37 | 92,5 | 0,3366 |
| 39. | 291,1 | 17,563 | 39 | 1,330 | 4,25 | 391,63 | 30,33 | 95,3 | 0,3366 |

In der Tabelle gibt t den Zeitpunkt des Messwertes und ϑ die zugehörige Temperatur an. n_{Pos} steht für die Anzahl der Kraft/Positionsweite 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 Grenzflächenspannung 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 der beiden flüssigen Phasen bei der Temperatur angegeben.

- Diagramm 4. Lamellenhöhe in Abhängigkeit von der Grenzflächenspannung - 'GFS und Lamellenhöhe'²⁾



- Das Chart "GFS und Lamellenhöhe"²⁾ stellt die Grenzflächenspannung 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: 'Harkins & Jordan' - Originaltabellen.

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. Berechnung ohne geometrische Korrektur (d.h. $f_G\equiv 1$); Innendurchmesser des Messgefäßes $\varnothing=43,0$ mm.

Grenzfläche: Hexan / Wasser, Dichtedifferenz der beiden Phasen $\Delta\rho = 0,3383$ g/cm³ (bei 20°C), die Dichten wurden zur jeweiligen Temperatur mit den Referenzfunktionen 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. Für die Berechnung wird die genaue Dichtedifferenz der beiden Phasen benötigt [die Dichten der gegenseitig gesättigten Phasen sind ggf. zu bestimmen - mit dem 'Offset' zur Referenz kann die jeweilige Temperaturgleichung i.d.R. einfach modifiziert werden!]. Die Berechnung der Dichte ρ zur jeweils vorliegenden Temperatur erfolgt mittels vorhandener Referenzdaten zu Hexan und Wasser automatisch. Für die Dichtedifferenz wird die Gleichung ' $\Delta\rho$ [g/cm³]= f(θ [°C]) = ABS(((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 $\cdot\theta$)) - (0.677556 -86.889 $\cdot\theta$ /1E5 -0.074370 $\cdot\theta^2$ /1E5))' verwendet.

Tabelle 2: Zu Berechnung und Klassifikation der einzelnen Messwerte

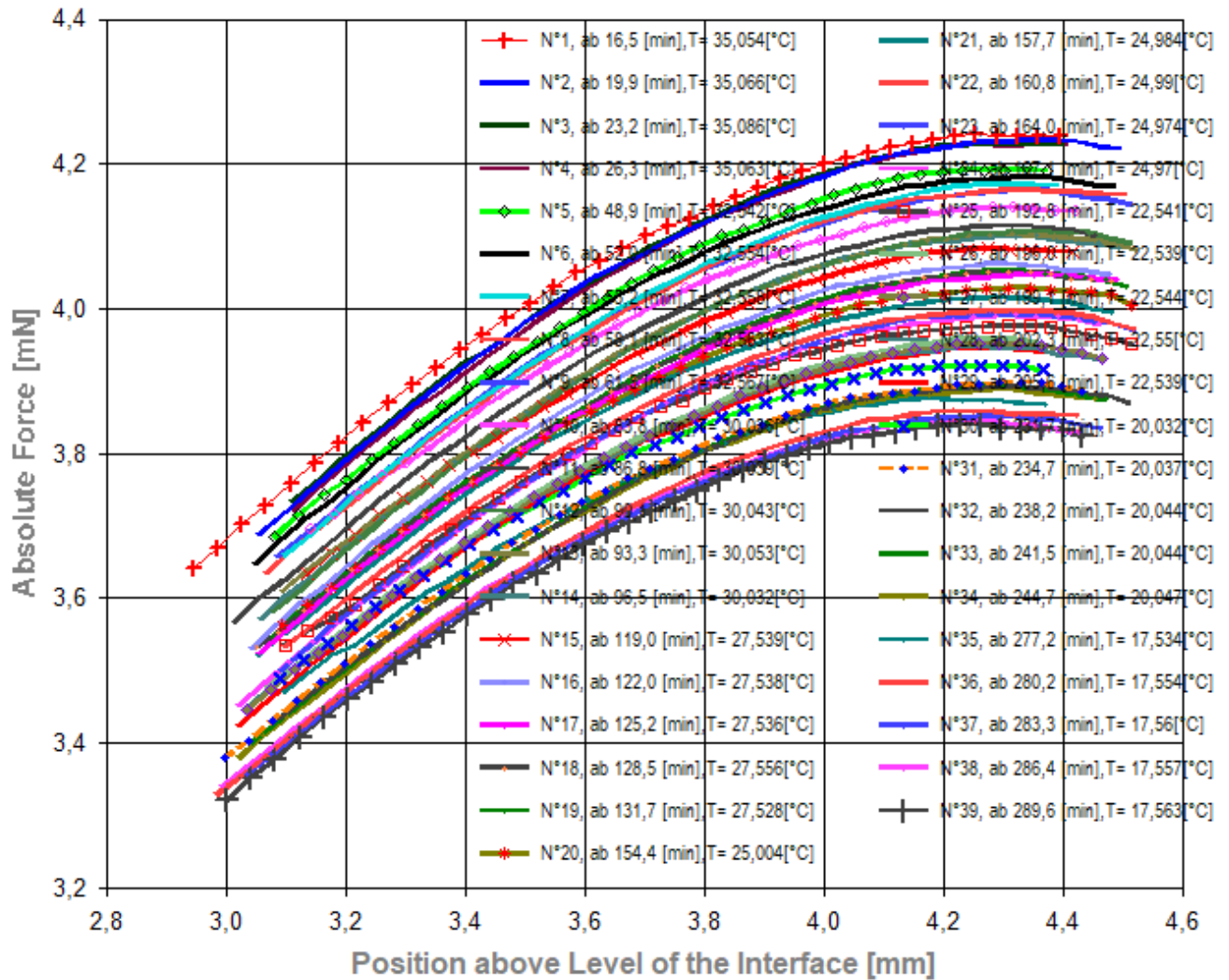
| N° | F _{max.} [mN] | F _{bz.} [mN] | f _k - | v _z [mm·s ⁻¹] | X [mm] | t _x [s] | ΩK - |
|-----|---------------------------|--------------------------|---------------------|-----------------------------------------|-----------|-----------------------|------------------------------|
| 1. | 4,2409 | 0,0000 | 0,958 h | 0,0111 | - | - | ² pS |
| 2. | 4,2330 | 0,0000 | 0,9578 h | 0,0112 | - | - | ² pS |
| 3. | 4,2269 | 0,0000 | 0,9576 h | 0,0113 | - | - | ² pS |
| 4. | 4,2301 | 0,0000 | 0,9577 h | 0,0114 | - | - | ² pS |
| 5. | 4,1947 | 0,0000 | 0,9573 h | 0,0114 | - | - | ² pS ^x |
| 6. | 4,1830 | 0,0000 | 0,957 h | 0,0117 | - | - | ² pS |
| 7. | 4,1731 | 0,0000 | 0,9568 h | 0,0121 | - | - | ² pS |
| 8. | 4,1645 | 0,0000 | 0,9566 h | 0,0113 | - | - | ² pS |
| 9. | 4,1630 | 0,0000 | 0,9566 h | 0,0114 | - | - | ² pS |
| 10. | 4,1397 | 0,0000 | 0,9565 h | 0,0118 | - | - | ² pS |
| 11. | 4,1153 | 0,0000 | 0,9561 h | 0,0112 | - | - | ² pS |
| 12. | 4,1064 | 0,0000 | 0,9559 h | 0,0114 | - | - | ² pS |
| 13. | 4,1025 | 0,0000 | 0,9559 h | 0,0115 | - | - | ² pS |
| 14. | 4,0988 | 0,0000 | 0,9558 h | 0,0119 | - | - | ² pS |
| 15. | 4,0829 | 0,0000 | 0,9558 h | 0,012 | - | - | ² pS |
| 16. | 4,0635 | 0,0000 | 0,9555 h | 0,0122 | - | - | ² pS |
| 17. | 4,0477 | 0,0000 | 0,9552 h | 0,0104 | - | - | ² pS |
| 18. | 4,0506 | 0,0000 | 0,9553 h | 0,0119 | - | - | ² pS |
| 19. | 4,0523 | 0,0000 | 0,9553 h | 0,0126 | - | - | ² pS |
| 20. | 4,0274 | 0,0000 | 0,9552 h | 0,0112 | - | - | ² pS |
| 21. | 4,0151 | 0,0000 | 0,955 h | 0,0114 | - | - | ² pS |
| 22. | 3,9976 | 0,0000 | 0,9546 h | 0,0119 | - | - | ² pS |
| 23. | 3,9937 | 0,0000 | 0,9545 h | 0,0122 | - | - | ² pS |
| 24. | 3,9919 | 0,0000 | 0,9545 h | 0,012 | - | - | ² pS |
| 25. | 3,9771 | 0,0000 | 0,9546 h | 0,0113 | - | - | ² pS |
| 26. | 3,9594 | 0,0000 | 0,9542 h | 0,0116 | - | - | ² pS |
| 27. | 3,9521 | 0,0000 | 0,9541 h | 0,0115 | - | - | ² pS |
| 28. | 3,9487 | 0,0000 | 0,954 h | 0,0118 | - | - | ² pS |
| 29. | 3,9450 | 0,0000 | 0,9539 h | 0,0121 | - | - | ² pS |
| 30. | 3,9203 | 0,0000 | 0,9538 h | 0,0108 | - | - | ² pS |
| 31. | 3,8979 | 0,0000 | 0,9534 h | 0,0105 | - | - | ² pS |
| 32. | 3,8937 | 0,0000 | 0,9533 h | 0,0102 | - | - | ² pS |
| 33. | 3,8947 | 0,0000 | 0,9533 h | 0,0119 | - | - | ² pS |
| 34. | 3,8888 | 0,0000 | 0,9532 h | 0,0112 | - | - | ² pS |
| 35. | 3,8742 | 0,0000 | 0,9533 h | 0,0119 | - | - | ² pS |
| 36. | 3,8593 | 0,0000 | 0,953 h | 0,0123 | - | - | ² pS |
| 37. | 3,8515 | 0,0000 | 0,9528 h | 0,0122 | - | - | ² pS |
| 38. | 3,8466 | 0,0000 | 0,9527 h | 0,0121 | - | - | ² pS |
| 39. | 3,8410 | 0,0000 | 0,9526 h | 0,0121 | - | - | ² pS |

F_{max.} gibt den korrigierten Messwert der Maximalkraft an; dessen Kraftbezugswert wird mit F_{bz.} ausgegeben (Berechnung: $\gamma = f_k \cdot f_k \cdot (F_{max.} - F_{bz.}) / (4\pi \cdot R)$). 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 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 Flüssigkeitslamelle 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.

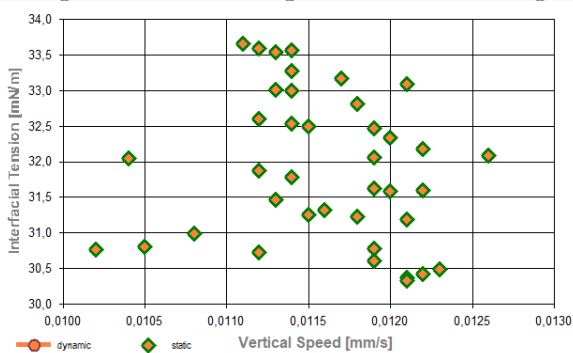
DIN 53993 - zur Bestimmung der Grenzflächenspannung - fordert für den Prüfbericht den Hinweis auf die Norm und einen Teil der hier gegebenen Angaben. Mit dem Hinweis auf den durchgängigen Einsatz des Absolutverfahrens gilt auch Konformität mit ASTM D 1331 und ISO 6889. Zusätzliche Angaben zu Art, Zubereitung und Alter der Probe sollten - für einen normgerechten Prüfbericht - über das Bemerkungsfeld des Datenblattes oder über die Kommentarfunktion (auch nach der Messung) dem Bericht beigefügt sein.

- Diagramm 5. Messkurven - Grundlage der Bestimmung der Grenzflächenspannung - 'Spannungsbögen'^{2'}



- Im Diagramm "Spannungsbögen" werden die zu Grunde liegenden Messwerte als 'Messkraft' gegen 'Oberflächenabstand' dargestellt. Für die 39 Messkurven wird der korrigierte Sachverhalt bezüglich Kraft und Abstand von Ring und Grenzfläche abgebildet. Qualität und Korrektheit zeichnen sich anhand glatter Kurvenzüge im Bereich des Kraftmaximums aus.

- Diagramm 6. Z-Geschwindigkeit beim Lamellenauszug - 'GFS-Geschwindigkeitsabhängigkeit'^{2'}



- Das Chart "GFS-Geschwindigkeitsabhängigkeit" zeigt die Abhängigkeit der Grenzflächenspannung 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 Verfahrgeschwindigkeiten der Plattform 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 ±(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-A", type 2/28. Automatic self-repetition of the IMPro - the 1. Repetition. IMPro finished as projected.

Prüfmittel

Das Wägesystem (WZA224) wurde im Messablauf und bereits 66,5 Stunden vor dieser Messung 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} vgl. Tabelle unten; 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 7.4.18, LizenzN^o *3037-4759*, Windows 6.2,9200- Betriebssystem auf PC Ser.N^o6995684 (C, SSD).

Justierung der Wägezelle während der Messung:

Zeit: 13,4 [min] Korrektur: 0,0001 [g]

Die während der Messung automatisch ausgeführten Wägezellen-Justierungen sind mit relativem End-Zeitpunkt und korrigierter Abweichung oberhalb dokumentiert (die kompletten Kalibrier- und Justierprotokolle sind in der Datei 'imeter-Beispiele.cal' gesondert gespeichert).

Meteorologische Angaben, Luftdichte:

| Time [min] | ϕ [%] | T_a [°C] | p_a [kPa] | ρ_{air} [kg/m ³] |
|------------|------------|------------|-------------|------------------------------------------|
| 12,4 | 41,36 | 15,5684 | 95,802 | 1,153 |
| 47,8 | 40,56 | 14,8109 | 95,798 | 1,156 |
| 82,8 | 40,26 | 14,2439 | 95,775 | 1,158 |
| 118,0 | 39,76 | 14,2782 | 95,7512 | 1,158 |
| 153,3 | 39,68 | 16,5029 | 95,72 | 1,148 |
| 191,9 | 39,679 | 14,8873 | 95,703 | 1,155 |
| 230,6 | 39,92 | 15,0385 | 95,680 | 1,154 |
| 276,1 | 39,37 | 15,1371 | 95,650 | 1,1531 |

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



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.