

## ID N° 15467 - Kapillaritätsmessung - PUK

Executed on Jun 14, 2016, by IMETER

 Title: **Docht-Test Dryrun**

Remarks: Wasser, Docht Nr.6, 7cm Probenlänge. 1- Vorführung

 Messung bei 20°C: **Docht N°6 mit Wasser (Probenform: Zylindrisch)**
 $\rho_{\text{Mat.}} 0,425 \text{ [g/cm}^3\text{]} : \rho_c \text{ xxx [g/cm}^3\text{]}, \Phi_c \text{ xxx [\%]}, S 25 \text{ [mm} \sqrt{\text{N}} \text{ min]}, \bar{r}_c 10,4 \text{ [\mu m]}, \Theta \equiv 78,5^\circ$ 

## Report

### • 1. ===== Vorbemerkungen =====

**Hinweis:** Die Aktivierung der Option "ERLÄUTERUNGSTEXTE", die für diese Berichtsausgabe eingestellt ist, bewirkt, dass der Bericht mit automatischen Kommentaren versehen wird. Die Option "BEARBEITUNGSHINWEISE" erzeugt Ausgaben für den Anwender/Prüfer, und es wird auch auf nicht ausgegebene Information hingewiesen. Deaktivieren Sie bitte diesen Schalter bei Erstellung von Kundenberichten. - Die Erklärungen sind formatiert wie dieser Text. - -- Bevor auf die Messung eingegangen wird, eine Erklärung zur Methode:

**Prinzip:** Ein poröses Material wird mit der Oberfläche einer Flüssigkeit in Kontakt gebracht. Diese wird (ggf.) in die Poren aufgesogen. - Ob das Eindringen überhaupt erfolgt, hängt davon ab, ob eine Benetzbarkeit des festen Porenmaterials durch die Messflüssigkeit möglich ist. Je besser der Feststoff benetzbar ist, desto ausgeprägter ist der Drang der Flüssigkeit in die Hohlräume. Die Viskosität ( $\eta$ ) des Fluids zusammen mit der Enge der Poren bremsen den Vorgang ab. Die zunehmende Weglänge durch das Feststoffgefüge hemmt die Infiltration ebenfalls. Das ist nicht eine Wirkung der Dichte, da das Fluid evtl. gegen die Schwerkraft aufsteigt (diese spielt bei geringerer Benetzbarkeit und großen Poren mitunter eine bedeutende Rolle), es ist die konstant bleibende Zugkraft an der Fließfront, die die Flüssigkeitssäule der bereits getränkten Poren über eine länger werdende Wegstrecke ziehen muss.

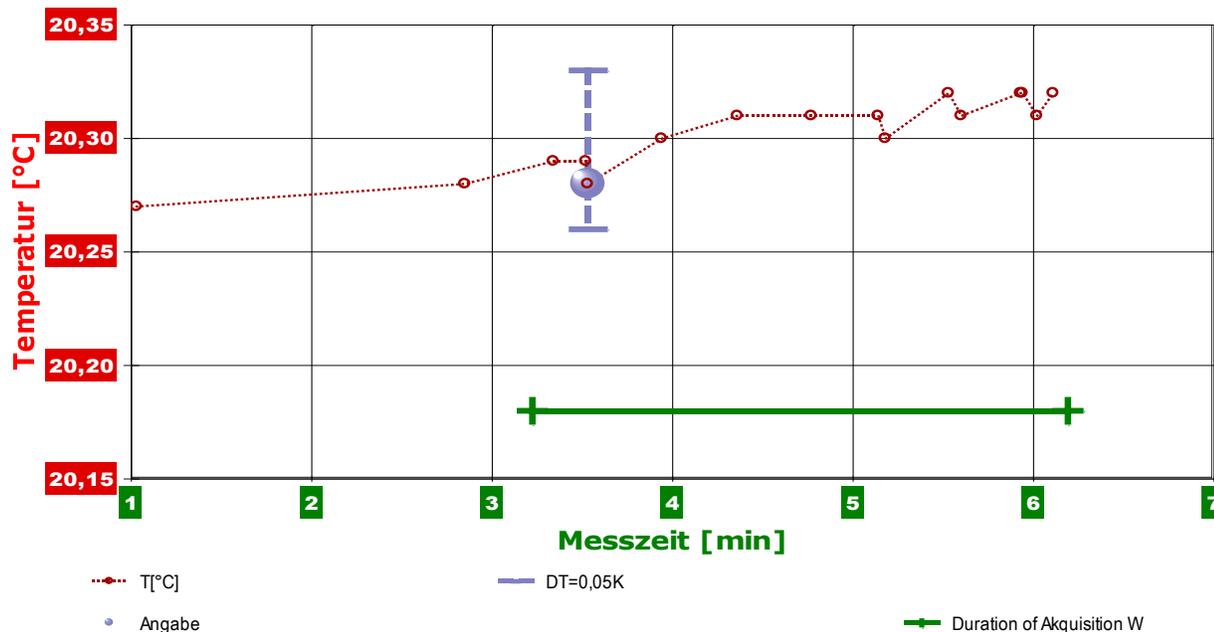
**Physikalisch:** Die sog. Washburn-Gleichung - auch Steighöhenmethode genannt - liefert eine Beschreibung der Beobachtung:  $h = \sqrt{(t \cdot r_c \cdot \gamma \cdot \cos\Theta / 2\eta)}$ . - Die Weglänge der Infiltration bzw. die Steighöhe  $h$  nach einer Zeit  $t$  ist  $\sqrt{}$ -proportional zur Dauer ( $t$ ), dem mittleren Poren- bzw. Kapillarradius  $r_c$  und der Oberflächenspannung  $\gamma$  der Flüssigkeit. ' $\cos\Theta$ ' ist der Kosinus des Kontakt- oder Benetzungswinkels der Flüssigkeit auf dem Feststoff. Wenn dieser Winkel Null ist, d.h. die Benetzung ist total, wird  $\cos\Theta=1$  also maximal. Ein größerer  $\Theta$ -Winkel wirkt wie eine höhere Viskosität  $\eta$  verlangsamend, reduziert jedoch die absolut mögliche Steighöhe. - Wenn man eine Flüssigkeit findet, die vollständig benetzt ( $\cos\Theta=1$ ), kann die verbleibende Unbekannte  $r_c$  berechnet werden. Dann kann die Messung mit einer anderen Flüssigkeit wiederholt werden, um so den speziellen Benetzungswinkel  $\Theta$  zu finden. Die Oberflächenenergie, die das Benetzungsverhalten des Feststoffs allgemein bestimmt und *Vorhersagbarkeit bedeutet*, kann aus (mindestens drei)  $\Theta$ -Werten nach verschiedenen Theorien bestimmt werden.

**Praktisch:** Das zylindrische Probenstück - ein möglichst exakter gerader Kreiszylinder - wird in temperierter Umgebung über der Flüssigkeitsoberfläche an einer Wägeeinrichtung aufgehängt. Dann, ggf. nach einer Temperier-/Konditionierphase, bewegt sich die Flüssigkeitsoberfläche nach oben, berührt den Boden des Probenzylinders (die Bewegung stoppt) und die Flüssigkeit steigt in der Probe auf. Die Infiltration wird anhand der Gewichtszunahme verfolgt. --- Soweit die Fluideigenschaften genau bestimmt sind, Bedingungen und die Probenpräparation gleich bleiben, liefern PUK-Messungen eine exakte Charakterisierung poröser Materialien.

### • 2. ===== Allgemeines =====

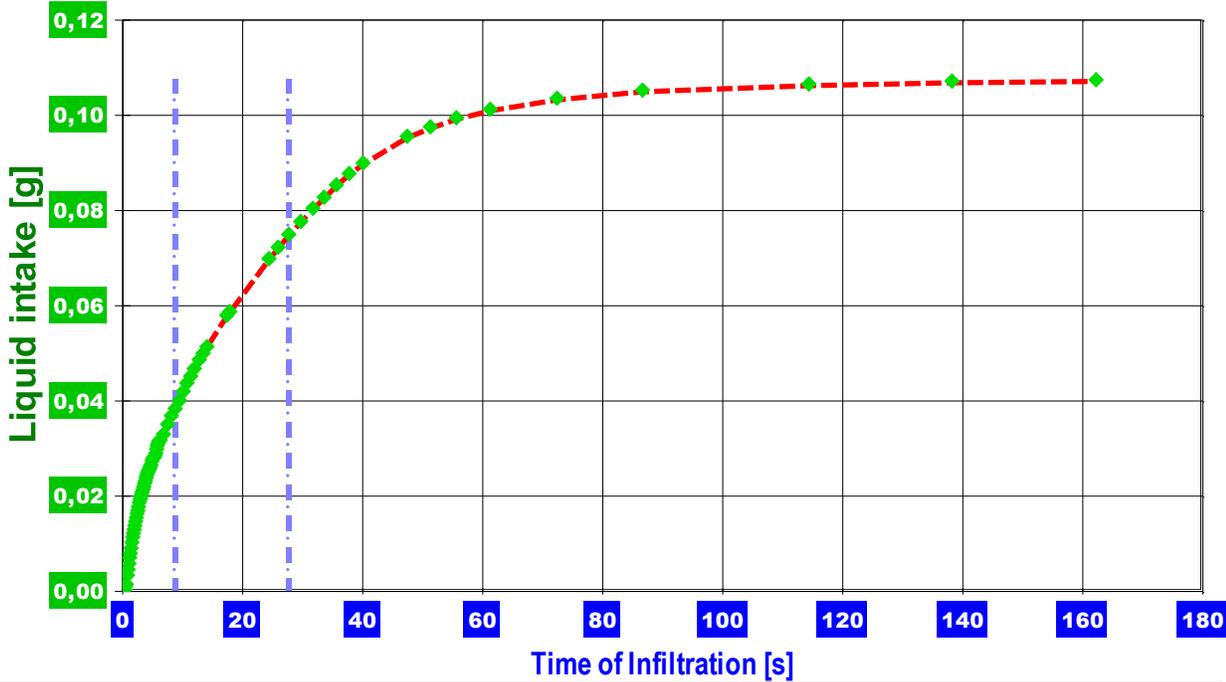
Bestimmung der *Materialkonstante K* als grundlegende Gefügeeigenschaft - gesamte Dauer sechs Minuten; Temperaturänderung im Bereich von 20,27 bis 20,32°C.

Diagramm 2.1: 'Temperature / Events'



Im Diagramm "Temperature / Events" wird eine Übersicht zum zeitlichen Verlauf der Vorgänge und der aufgezeichneten Temperatur gezeigt. Die Grafik hat nur dokumentarischen Wert.

Diagramm 2.2: 'RawData'



Das Diagramm 'RawData' zeigt die Wägewerte als grüne Markierungen im zeitlichen Verlauf, relativ zum Kontaktzeitpunkt von Probe und Flüssigkeit. Die rote, gestrichelte Linie stellt die berichtigten Wägewerte dar, die der Flüssigkeitsaufnahme in die Probe entsprechen (Korrektur der Auftriebswirkung). Der Verlauf dieser Kurven sollte dem eines liegenden Parabelschenkels (Wurzelfunktion) entsprechen. Dies trifft für den 'Regressionsbereich' sehr gut zu. Der in der Auswertung entscheidende 'Regressionsbereich' (Valid Range) ist durch zwei senkrechte Markierungen gekennzeichnet.

• 3. ===== Ausgangsdaten =====

**Probe:** Bezeichnung "Docht N°6", geprüfte Menge  $W_{\text{Netto}} 0,1460 \pm 0,0003 \text{ g}$ , Materialdichte geometrisch bestimmt aus der Probenhöhe  $70 \pm 1 \text{ mm}$  und dem Durchmesser  $2,5 \pm 0,15 \text{ mm}$ .

Die angeführten geometrischen Angaben werden vom Anwender zur Laufzeit gegeben und können korrigiert werden. Vier Wägungen finden in der Messung statt: (1) Das Leergewicht von Aufhängung / Probenhalter  $11,38 \text{ g}$ , (2) das Gesamtgewicht mit der Probe  $11,526 \text{ g}$ , (3) der dynamische Gewichtsverlauf der Infiltration zum Endgewicht von  $11,6945 \text{ g}$  und nach dem Abtrennen von der Flüssigkeitsoberfläche (4) das Gesamtgewicht nach der Messung mit  $11,8132 \text{ g}$ .

**Messflüssigkeit:** 'Wasser', bei  $20,28 \text{ °C}$  mit den Eigenschaften --

Viskosität ( $\eta$ )  $0,9951 \text{ mPa}\cdot\text{s}$ , Oberflächenspannung ( $\gamma$ )  $72,712 \text{ mN/m}$  und Dichte ( $\Delta\rho$ )  $0,997030 \text{ g/cm}^3$ .

Angabe der thermophysikalischen Daten von 'Wasser' nach den folgenden Referenzen:  $\gamma(T[\text{°C}])=75.65-0.138\cdot T-3.489E-4\cdot T^2+5.507E-7\cdot T^3$  [ID306.1],  $\eta(T[\text{°C}])=37.1941\cdot \text{EXP}(1.35960E+11/(273.15+T)^4 - 1.44585E+09/(273.15+T)^3 + 6.04736E+06/(273.15+T)^2 - 1.02607E+04/(273.15+T))$  [ID401174.3] und  $\rho(T[\text{°C}])=(6.5592063E-05\cdot T^5 - 1.1225639E-02\cdot T^4+1.0026530\cdot T^3-90.968893\cdot T^2 + 679.48991\cdot T + 9998425.9)/1E7$  [ID10136.3], d.h.  $\Delta\rho$ , die Flüssigkeitsdichte abzüglich der Luftdichte ( $1,118 \text{ kg/m}^3$ ).

Die physikalischen Daten von 'Wasser' werden normalerweise automatisch aus den Referenztabellen der System-Datenbank bezogen, sie können im Datenblatt für diese Messung korrigiert werden. Prüfen Sie bitte die Richtigkeit. Falls Werte generell korrigiert werden müssen (oder neue Fluide aufgenommen werden), können Einträge zu Dichte, Viskosität, Oberflächenspannung in der System-Datenbank bearbeitet werden.

• 4. ===== Dichte, Porosität und Sorptivität =====

**Geometrie:** Die Materialdichte  $\rho_{\text{Mat.}}$  zur Messung beträgt  $0,425 \pm 0,008 \text{ g/cm}^3$ .

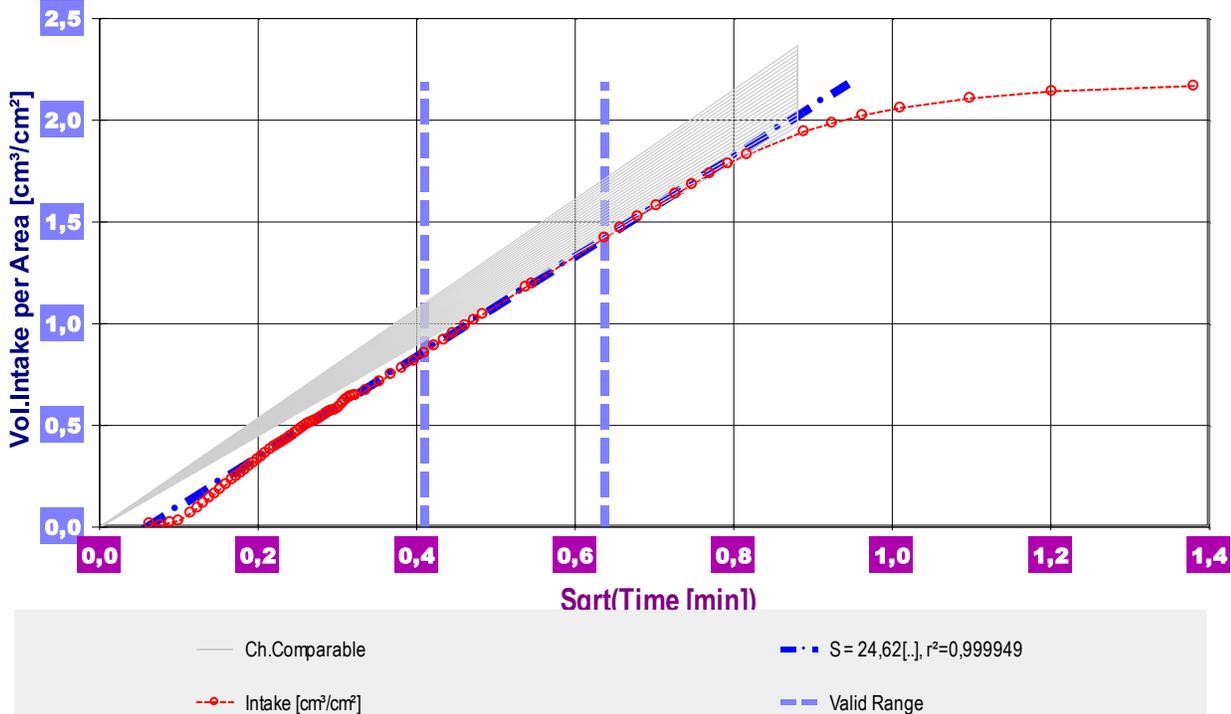
**Sorption:** In der Messung werden insgesamt  $0,2872 \pm 0,0003 \text{ g}$  der Flüssigkeit von der Probe aufgenommen, d.h. pro Gramm 'Docht N°6' werden  $1,97 \text{ g}$  - das sind  $1,97 \text{ cm}^3$  - 'Wasser' absorbiert, pro Kubikzentimeter ( $\rho_{\text{Mat.}}$ ) sind es  $0,836 \text{ g}$  gleich  $0,837 \text{ cm}^3$ .

Falls alle Poren durch das Fluid gefüllt werden und das Ausgangsvolumen nach der Infiltration unverändert ist, ergibt sich aus den Gewichts-Volumenverhältnissen die offene Porosität zu  $\Phi_c \text{ xxx \%}$ , die Porenziffer (void ratio) zu  $e \text{ xxx}$  und die scheinbare Dichte von 'Docht N°6' zu  $\rho_c \text{ xxx g/cm}^3$ .

Die Sorptivität von 'Docht N°6' in Bezug auf 'Wasser' wird zu  $S_{20,3\text{°C}} 25 \pm 2 \text{ mm}\cdot\text{min}^{-0,5}$  bestimmt - entsprechend dem Verhalten im ausgewiesenen Regressionsbereich.

Das Probenvolumen zur Messung beträgt  $0,3 \text{ cm}^3$ . Die Dichte-, Porositäts- und Porenzahlangebe, die aus der Gesamtsorption berechnet wird, nimmt an, dass alle Poren im angegebenen Probenvolumen gefüllt sind; Die jeweiligen Mengen sind auf konventionelle Wägewerte bezogen und nicht auf 'wahre Massen'. Wenn eine Referenzdichte angegeben werden könnte, kann diese in Beziehung zu den ermittelten Daten gestellt werden!

Diagramm 4.3: 'Sorbivity'



Das Diagramm 'Sorbivity' zeigt die Umwertung der Gewichtszunahme in Volumen gegen die Quadratwurzel der Kontaktzeit (rote Kreismarken). Die lineare Regression im ausgewählten Bereich (senkrechte Markierung) liefert mit der eingezeichneten, blau gestrichelten Geraden, die Sorptivität  $S$ ; mit  $V = A \cdot S \cdot \sqrt{t}$  wird die Beziehung zwischen Kontaktfläche  $A$ , aufgenommenem Volumen  $V$  und der Zeit  $t$  hergestellt. So kann die Zeit, um  $1 \text{ cm}^3$  Wasser nach der Berührung der Oberfläche (bei  $20,3^\circ\text{C}$ ) mit der Kontaktfläche  $1 \text{ cm}^2$  in 'Docht N°6' aufzunehmen, hier per  $t = (V / (A \cdot 0.1 \cdot S))^2$  mit rund zehn Sekunden angegeben werden (... wenn eine Latenzzeit bis zur Ausbildung des stationären Vorgangs, wie hier, von 0,21 sec, unbeachtet bleibt).

• 5. ===== Dichte, Sorptivität ... 'Docht N°6'-Zusammenschau =====

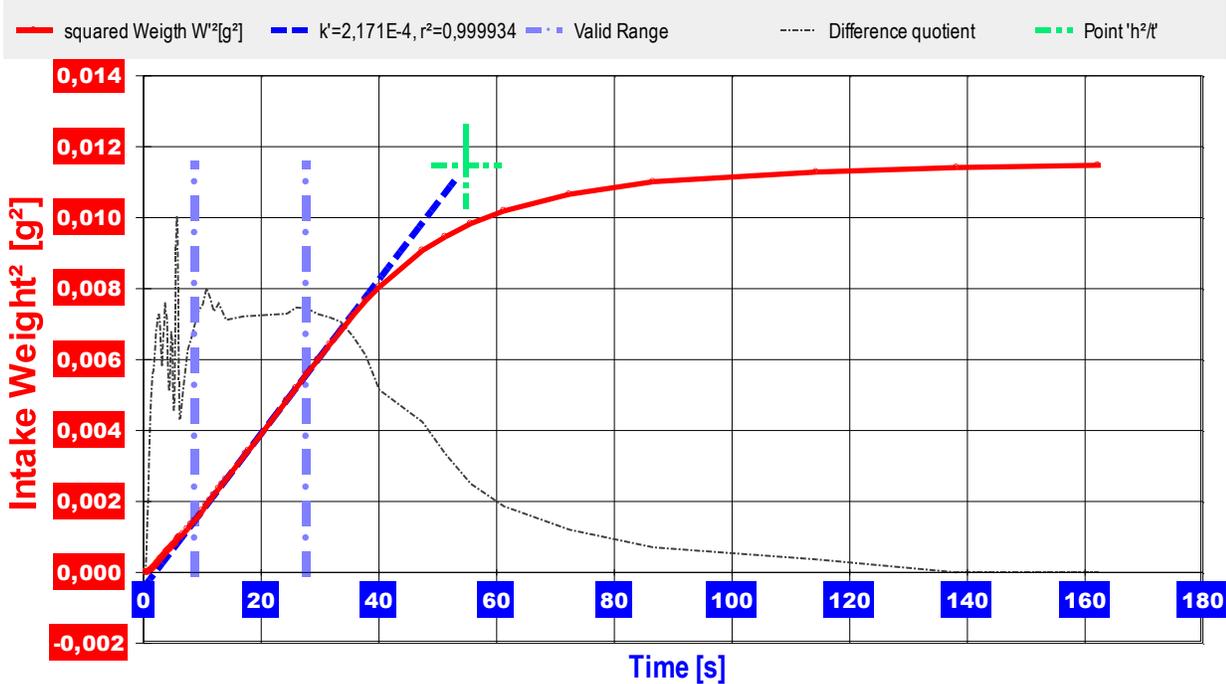
IDN°	Fluid	$W_{\text{Netto}}$	$\rho_{\text{Blik}}$	$\rho_c$	$\Phi_c$	$S_{\text{Fl,T}}$	$\pm u_s\%$	$\xi$	$T [^\circ\text{C}]$
15467	Wasser	0,1460	0,425			25	$\pm 8,0$	---	20,3 ★
15471	Hexan	0,1501	0,425			37	$\pm 8,1$	---	25,1 ★
15468	Wasser	0,1457	0,424			28	$\pm 11$	---	25,4
15439	Wasser	0,1494	0,435			25	$\pm 8,0$	---	25,1
15438	Wasser	0,1458	0,4243			23,3	$\pm 1,7$	---	25,1
15437	Wasser	0,1456	0,4237			24,3	$\pm 1,2$	---	25,1
15436	Wasser	0,1465	0,4264			26,0	$\pm 0,77$	---	25,1
15435	Wasser	0,1462	0,4255			22,9	$\pm 0,44$	---	25,1
15434	Wasser	0,1463	0,4258			25,1	$\pm 1,2$	---	25,1
15433	Wasser	0,1484	0,4319			23,04	$\pm 0,22$	---	25,1
15432	Wasser	0,1464	0,4261			26,5	$\pm 1,1$	---	25,1
15431	Wasser	0,1467	0,4269			24,4	$\pm 2,0$	---	25,1
	<b>Mittelwert</b>		<b>0,4266</b>	<b>xx</b>	<b>xx%</b>				<b>24,72</b>
	<b>abs. Standardabw.</b>		<b>0,0032</b>	<b>xx</b>	<b>xx%</b>				
	<b>rel. Standardabw.</b>		<b>0,76%</b>	<b>xx%</b>	<b>xx%</b>				

In der Tabelle sind als Zusammen- und Gegenüberstellung wesentliche Kennzahlen der zwölf Messungen an 'Docht N°6' in der Datenbank 'imeterData34' zusammengetragen. Zu den bereits definierten Kenngrößen wird mit ' $\xi$ ' ('xi') das Verhältnis des in der jeweiligen Messung auftretenden Betrages " $S_{\text{Fl,T}} \cdot \rho \cdot \eta / \gamma$ " zu dem, in dieser Messung erhaltenem Betrag berechnet; Abweichungen von '1' zeigen entsprechend größere/kleinere Sorptivität, als durch das Verhältnis der thermomechanischen Kennzahlen zu erwarten ist ( $\Rightarrow$  Kontaktwinkel  $\Theta$ ) - relativ zu dieser Messung. Besondere Aufmerksamkeit verdient die Bulkdicke - diese Werte sollten möglichst konstant sein. Weiterhin ist noch die mittlere Temperatur  $T$  zur Messung angegeben. Die relative Unsicherheitsangabe zur Sorptivität  $S_{\text{Fl,T}}$  gibt mit " $\pm u_s$ " einen Hinweis auf die Qualität der jeweiligen Messung. Das Zeichen "★" markiert eine Messung der Materialkonstante.

• 6. ===== Benetzungsgeschwindigkeit, Kapillarität und Steighöhe =====

Die Gewichtszunahme durch Infiltration zwischen 9 und 28 Sekunden nach dem Flüssigkeitskontakt, definiert den betrachteten *Regressionsbereich*. Dieser Bereich entspricht der Steighöhe von 22,5 bis 44,0 mm bzw. 36 bis 70% der Probenhöhe. Die Flüssigkeitsfront bewegt sich hier im Mittel mit  $\bar{v}_1 = 1,2 \text{ mm/s}$ . Sie erreicht gemäß der  $m^2/t$ -Regressionsgleichung nach 55 Sekunden die Probenoberfläche ( $63,000 \pm 1 \text{ mm}$ ).

Diagramm 6.4: 'm<sup>2</sup>/t-Chart'



'm<sup>2</sup>/t-Chart' zeigt die Auswertansicht der Messdaten. Die korrigierten Wägedaten 'm<sup>2</sup>' sind quadriert gegen die Zeit angetragen (rote Linie). Die Werte zwischen den beiden senkrechten Linien werden für die lineare Regression - zur Ermittlung der Kurvensteigung - verwendet. Die entsprechende Gerade ist Blau eingezeichnet. Der Punkt, der durch die grüne Markierung (Kreuz) hervorgehoben ist, wird als Zeitpunkt interpretiert, zu dem die Fließfront die Probenoberfläche gemäß Regression erreicht. Mit dünnem Strich ist der Differenzenquotient der m<sup>2</sup>/t-Werte eingezeichnet. Dieser sollte im Regressionsfenster waagrecht verlaufen.

Aus der Geschwindigkeit der Infiltration wird die Materialkonstante unter dem **vorgegebenen Kontaktwinkel  $\Theta$  von 78,5°** zu  **$K = 3,038E-18 (\pm 3,32\%) \text{ m}^5$**  bestimmt. Sie kann in Messungen mit anderen Fluiden an dieser Präparation von 'Docht N°6' zur Bestätigung der Kapillarradien, weiterer Kontaktwinkel und der Bestimmung der Oberflächenenergie dienen.

Die Verhältnisse erlauben die Berechnung der folgenden Kenngrößen:

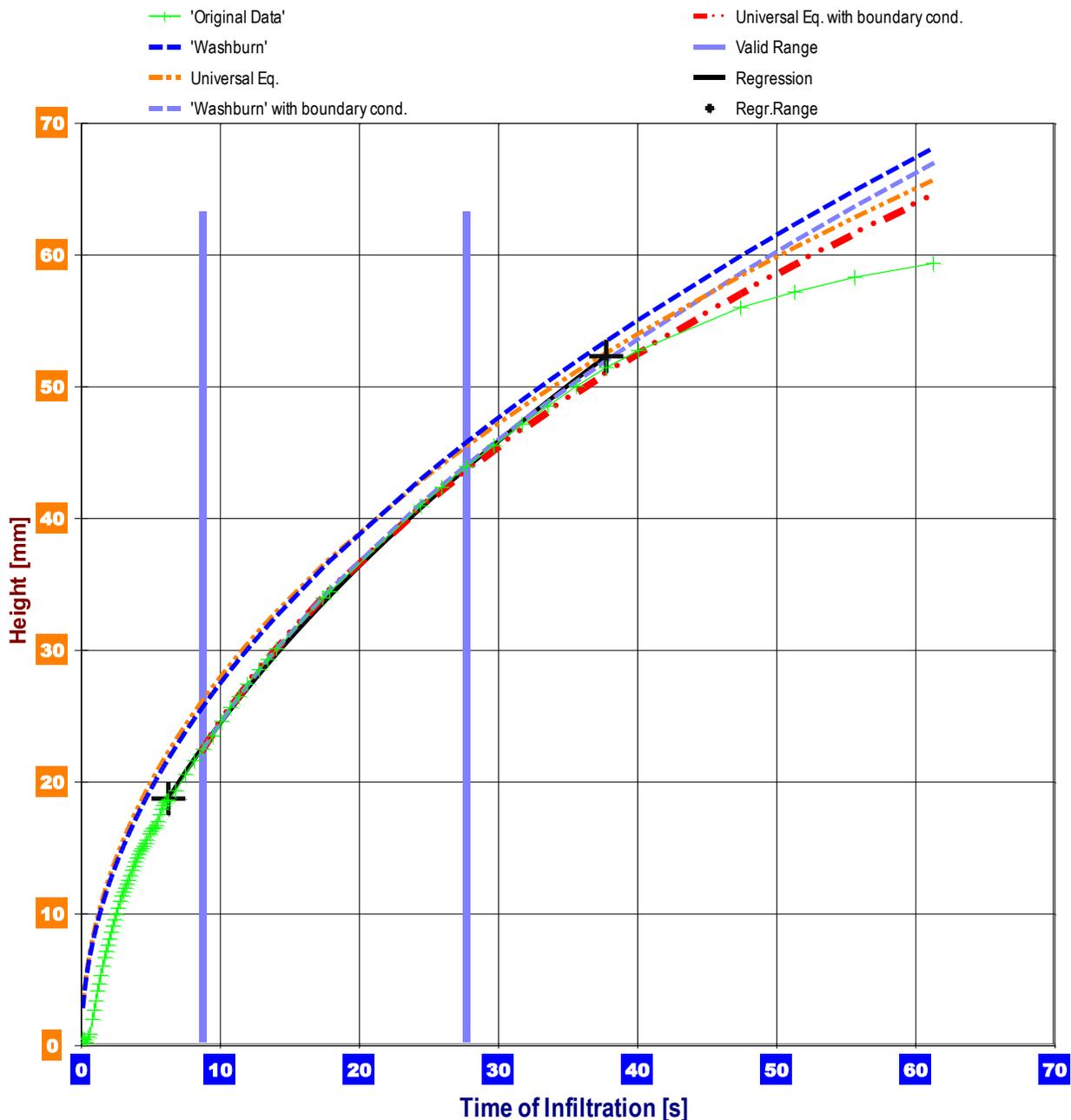
- der effektive Kapillarradius von  $\bar{r}_c = 0,01 \text{ mm} \pm 0,10 \text{ }\mu\text{m}$ ,
- die Porendichte bzw. spezifische *Kapillarenanzahl*  $n_c$  von  $2,69 \cdot 10^5$  pro cm<sup>2</sup>,
- mit 'Wasser' eine maximale Steighöhe  $h_{\text{max.}}$  von 28 Zentimetern, ...

wobei der senkrechte Aufstieg auf 27 cm (95% von  $h_{\text{max.}}$ ) 1,3 h dauert und die waagerechte Ausbreitungszeit dafür 16 min beträgt.

*Alle Berechnungen setzen voraus, dass die Angaben  $T$ ,  $\eta$ ,  $\gamma$ ,  $\Delta\rho$  und  $\Theta$  korrekt sind! Die eingeräumte Unsicherheit für  $n_c$  reflektiert die Linearität der Regressionsgeraden. -- Die Washburngleichung liefert einen Wert des Kapillarradius'  $r_c$ , der die Geschwindigkeit der Infiltration per 'Hagen-Poiseuillesche Kreislochkapillaren' ( $\eta \Rightarrow r_c$ ) mit den 'Young-Laplace'sche Kapillarkräften' ( $\gamma, \Theta \Rightarrow r_c$ ) in ein Gleichgewicht bringt. In dem porösen Material kommt Kapillarradius  $r_c$  der Charakter eines Effektivwertes zu.  $h_{\text{max.}}$  wird aus  $r_c$  nach der Jurin-Gleichung berechnet; die Zeitschätzung beruht auf der Gleichung N°13 aus der PUK-Methoden Dokumentation, und ist berechnet ohne dynamischen Gegendruck und ohne Randbedingung. Die Infiltrationsdauer für den waagerechten Fluideinzug wurde direkt aus der Washburn-Gleichung berechnet. - Aus  $n_c$  kann ggf. die Porendichte in ppi (pores per inch) zu 204 angegeben werden ( $\Rightarrow$  bzw. 51,9 Partikel oder Fasern auf einer Linie von 1 mm Länge).*

• 7. ===== Zur Integrität der Messung =====

Diagramm 7.5: 'Simulation-Plot'



Test and Simulation : cap.radius = 10,4µm, Contactangle =78,50°. Boundary condition (first beacon)  $t^\circ = 8,75s$ ,  $h(t^\circ) = 22,5mm$ .  
 Variable values used within calculations of the 'Universal Equation':  $r_1 = 11,16\mu m$ ,  $r_2 = 10,78\mu m$ ,  $\eta_2 = 0,0 mPa \cdot s$ .  
 < Suggestion from given maximum rise of 250 mm leads to equivalent values for  $r_1 = 11,11 \mu m$  and  $r_2 = 11,86 \mu m$  >

**Simulation, Test und Überprüfung:** Das Diagramm zeigt den auf die Steighöhe umgerechneten Verlauf der Gewichtszunahme (grüne Kreismarken), die Graphen der Washburn-Gleichung (dunkelblau), der durch hydrostatische und pneumatische Effekte ergänzten universellen Beziehung (orange) und die Graphen der analogen, mit Anfangsbedingung berechneten Funktionswerte (hellblau, rot gestrichelt) sowie den Verlauf einer passenden Regressionsgleichung (schwarz). Die Berechnungen der orangenen und roten Graphen erfolgen mit unterschiedlichen Radien für Kapillardruck- und Viskositätseffekte ohne dynamischen Gegendruck. Der selektierte Bereich, der im Diagramm durch die zwei Baken markiert ist (8,8 sec bis 28 sec, 22,5 bis 44,0 mm), umfasst 13 Wertepaare. Hier betragen die relativen Standardabweichungen zwischen 'gemessenen Daten' (grün) und den Simulationsgleichungen für die Washburn-Gleichung 3,1% (hellblau) und für die universelle Form 4,0% (rot gestrichelt). Die Regressionsgleichung für den etwas weiter gefassten Bereich, der durch die beiden schwarzen Kreuze markiert ist, weist eine rel. Standardabweichung von 0,96% auf. Die Funktionsgleichung dieses schwarz eingezeichneten Graphen lautet:  

$$h[mm] = h(t[sec]) = 6,580 \cdot t^{(0,5711)} \quad (r^2 = 0,99959)$$
  
**Hinweise für den Prüfer:** Die Funktionen werden nach den Gleichungen auf der Webseite '<http://www.imeter.de/imeter-methoden/kapillaritaet-kontaktwinkel-sorptivitaet/washburn-gleichung.html>' berechnet: entsprechend Gleichung N°6 = Washburn-Gleichung, dunkelblau, Gl. N°7 = Washburn-Gleichung mit Randbedingung ( $t^\circ, h^\circ$ ), Gl. N°13 = Universal- bzw. BP-Gleichung orange ohne Randbedingung und rot, fett gestrichelt für den Fall mit den gegebenen Randbedingung.

Über die Benutzerangabe der Kapillarradien  $r_1 = 11,16 \mu m$  und  $r_2 = 10,78 \mu m$  ergibt sich die maximale Steighöhe zu 28 Zentimeter. 95% dieser Strecke werden in horizontaler Ausbreitung nach 14 min erreicht, der entsprechende vertikale Aufstieg auf 26 Zentimeter benötigt hingegen 1,1 h.

Nach der Infiltrationszeit von 20,0 min wird die Steighöhe 21 Zentimeter erreicht. Die Steighöhe 20 Zentimeter wird nach der Zeit von 17,4 min geschafft.

Zu Diagramm und Text oberhalb: Der Anwender kann für Simulationsberechnung gemäß Universalgleichung (ohne Randbedingungen) Kapillarradien, Endsteighöhen und Mediumviskositäten vorgeben sowie Steighöhen zu bestimmten Zeitpunkten oder Zeitpunkte zu Steighöhen berechnen lassen. - Sofern die 'orange' bzw. 'rot' gezeichneten Graphen gut über den grünen Messpunkten liegen, was **sehr gut** der Fall ist. Es ist normal, wenn die experimentellen Daten (grün) mit der Zeit gegen die Gleichungsgraphen abfallen, da mit dem Erreichen der Probenoberfläche durch eine ggf. vorausseilende Fließfront der Infiltrationsvorgang sich zu beenden beginnt.

## • 8. ===== Meldungen, Hinweise, Fehler ... =====

Infiltration erfolgte bei Eintauchtiefe 7,000 mm. Berechnungen zur scheinbaren Dichte und Porosität von Docht N°6 sind NICHT KORREKT!!

'Meldungen': falls Besonderheiten auftreten, die sich mit der Auswertung herausstellen können, werden diese ggf. von der Software detektiert und hier zur Rückkopplung ausgegeben. Evtl. dienen diese Hinweise zur Korrektur der Abläufe und Angaben - sie können bei der Bewertung und Einordnung der Ergebnisse helfen.

**Berichtseinstellungen - aktivierte Ausgabeeinstellungen:** Erläuterungstexte, Detaillierte Ergebnisse, allgemeine Angaben, Bearbeitungshinweise, Audit-Trail, Prüfmittelüberwachung, Online-Protokoll, Status und Ausführungshinweise, Berichtseinstellungen, Authentifizierungen.

**Beschränkte Informationsausgabe durch negierte Optionen:** formatierte Tabellen, Sensorische Zusatzdaten & IFG-Ereignisse werden nicht angezeigt. **Wägewerte** sind - wenn nicht anders ausgezeichnet - konventionelle Wägewerte (OIML); **Temperaturangaben** beziehen sich auf die Skala der ITS-90.

**Standardabweichungen:** Verschiedentlich werden Regressionsfunktionen mit Standardabweichungen (s) bzw. Varianzen (s<sup>2</sup>) qualifiziert. Diese Streuungsangabe wird berechnet aus der Summe der Quadrate der Abweichungen der Einzelwerte zu dem berechneten Funktionswert (der dem Einzelwert entsprechen soll) dividiert durch Anzahl der Werte weniger 1. Sofern nicht anders bezeichnet werden für ±(Mess-)Unsicherheiten stets einfache Standardabweichungen - ohne Erweiterungsfaktoren - angegeben. d.h. die Überdeckung betrifft 67% der (empirischen) 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. [Prüfberichte, wie dieser, werden dynamisch aus Metadaten erzeugt und benötigen daher sehr wenig Speicherplatz in der Datenbank]. Bei Routinemessungen und/oder für die evtl. parallel noch papieren geführte Ablage sollten die Prüfberichte zur Ressourcenschonung durch entsprechende Einstellungen der Formatier- und Ausgabeoptionen auf das Wesentliche gekürzt werden. Das ganze 'File' inklusive der zu Grunde liegenden Rohdaten ist stets über die ID (hier Nummer 15467, Datenbank imeterData34) auffindbar und als Referenz oder Vergleich nutzbar. Ggf. nachfolgende ausgegebene Informationen enthalten, je nach Einstellungen und Berichtsvorlage (Stil = 'standard-i2'), verschieden detaillierte Begleitinformationen, wie die Angaben zur Ausführung der Messung, den Audit-Trail und Hinweise zur Prüfmittelüberwachung.

---

## IMPro Execution & Audit-Trail

Data created by execution of the IMPro "**M7\_WickTest, 13.06.16, 41927**", type 7/701. Time Period of the Accomplishment: Jun., 14. 2016 between 09:27:11 and 09:33:24, elapsed time: six minutes. IMPro finished as projected. The complete Report first was presented on Jun., 14.16 at 09:33. Original data was changed as reported to Audit-Log:

\*\*\*\* CHANGE(ES) IN DATA SHEET - by user M. Breitwieser \*\*\*\* Day/Time: 21.06.2016 10:50:34 \*\*\*\*  
Auswertemethode : from] 'Kapillarkonstante (ID 701)' [to] 'Kontaktwinkel (ID 702)'  
\*\*\*\*\*

\*\*\*\* CHANGE(ES) IN DATA SHEET - by user IMETER \*\*\*\* Day/Time: 23.06.2016 20:48:38 \*\*\*\*  
Auswertemethode : from] 'Kontaktwinkel (ID 702)' [to] 'Kapillarkonstante (ID 701)'  
\*\*\*\*\*

The Number **15467** refers to the Recordset in the Database '**imeterData34**' where all Informations can be retrieved at any time.

---

## Prüfmittel

Die Kraftmesseinrichtung (WZA224) wurde 0,1 Stunden vor dieser Messung von IMETER justiert. Die letzte vollständige Prüfung der Positioniervorrichtung von **IMETER** (ID23903733) erfolgte am 19.05.16. Systemdaten: Auflösung des Wägesystems 0,1mg, Messunsicherheit<sup>\*)</sup> 0,2mg, Dichte der Justiermasse<sup>\*)</sup> 8,000 g/cm<sup>3</sup>, Luftdichte<sup>\*)</sup> 1,1179kg/m<sup>3</sup>; Umrechnungen von Masse nach Kraft mit dem Wert 9,80769m/sec<sup>2</sup> für die Fallbeschleunigung<sup>\*)</sup>. Die Messauflösung der Temperaturmessung beträgt 0,01K, die Unsicherheit<sup>\*)</sup> 0,03K. Akquisitions-Softwareversion IMETER 7.1.8, LizenzN° \*3037-4759\*, Windows 6.1- Betriebssystem auf PC Ser.N°-1396549329 (C, ).

<sup>\*)</sup>: Die gekennzeichneten Angaben der Systemdaten können nachträglich angepasst werden - etwa um individuelle Messunsicherheiten durch den Messaufbau wirksam werden zu lassen. Änderungen auch an diesen Daten werden im Audit-Log protokolliert und können zurückgenommen werden.