



©2016 IMETER - MessSysteme  
Tel. (+49)(0) 821/706450

[www.imeter.de](http://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 ein, indem nicht nur das Messen, Steuern und Regeln, sondern auch die beurteilungsfähige 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.5.0 rev.50

automatic Report (706EDBM16312B), imeter/MSB, Augsburg

## ID N° 267 - Setting Time Determination

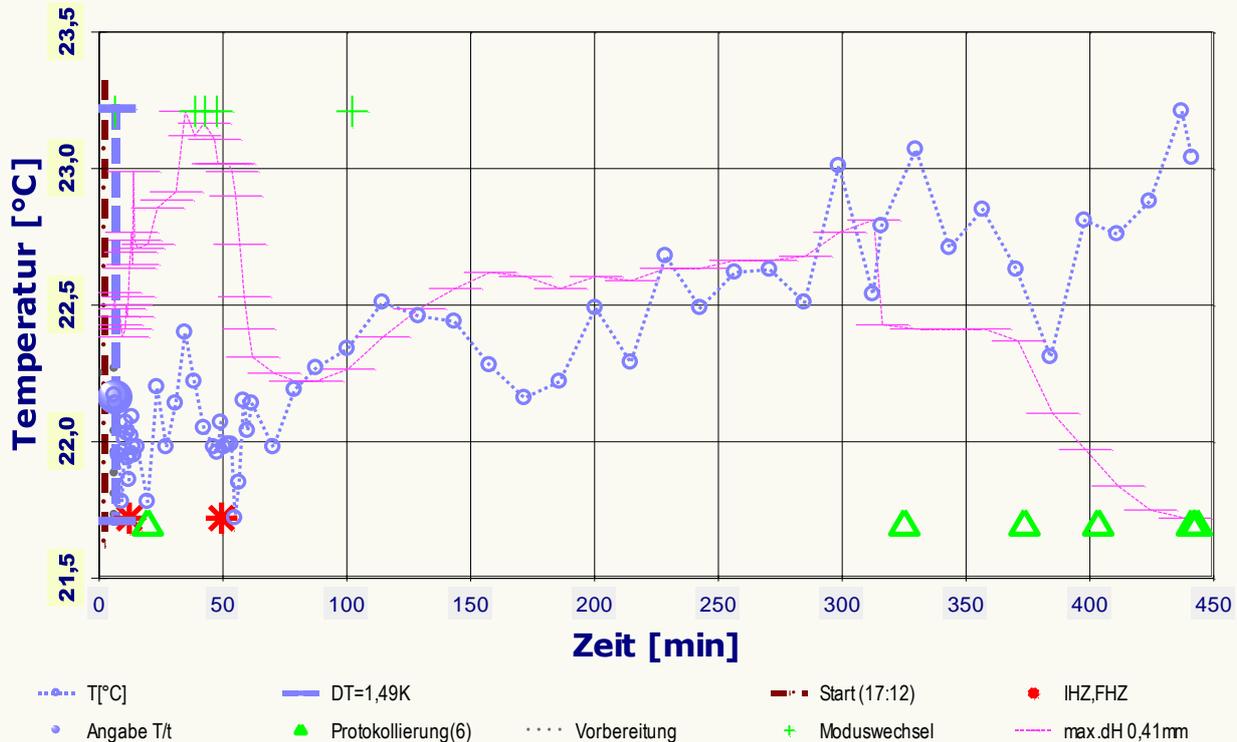
Title: **BioZement ("Pillen-Topf", 0.4mm Nadel)**  
Subject: **A007-008 (81,112%)** und Wasser bei 22,16 [°C]  
Result: IHZ = **10** [min], FHZ = **47,2** [min]  
 $t_{2\eta} = 2,12$  [min],  $t_v = 3,6$  [min],  $\eta_0 = 20000$  [Pa·s]

## Report

### • Allgemeines

Auswertung von 61 Penetrationen - Die Startzeit '0 [min]' zur Bestimmung des Härteverlaufs, 2,2 Minuten nach dem Beginn des Messprogramms - um 17:12:05 - wurde mit der Komponentenwägung

festgelegt. Die gesamte Prüfdauer betrug sieben Stunden; Temperaturänderung im Bereich von 21,72 bis 23,21°C. - Gewichtetes Temperaturmittel bis zur FHZ 22,49°C, arithmetischer Gesamtmittelwert 22,28°C.



Kommentare / Protokolleinträge zur Prüfung (vgl. Markierung im Diagramm):

19,6' : auch gute Anfangskurven mit charakteristischem Einbruch bei Nadelbreite...

325,1' : läuft gut. Bei dem Befüllen der Vorlage wird auf eine glatt-glänzende Oberfläche und mehrdirektionalen Glatt-Strich geachtet sowie ein rel. hohen "Fülldruck" eingesetzt.

373,6' : es sind immer noch Marken in der Oberfläche erkennbar!

403,4' : Betrachtung mit Lupenbrille: immer noch ganz feine Abdrücke sichtbar!

441,2' : letzter Messpunkt auch mit Lupenbrille kaum mehr sichtbar. Messung wird beendet.

443,2' : letzter Messpunkt mit Bleistift eingekreist

Die zur Laufzeit der Messung vom Anwender/Prüfer eingegebenen Bemerkungen werden hier wiedergegeben, wobei am Anfang der Zeile der Eintragszeitpunkt als Minutenzahl angegeben ist.

Im Diagramm "Temperaturprofil-2" wird eine Übersicht zum zeitlichen Verlauf der Vorgänge und der jeweils aufgezeichneten Temperatur gezeigt. Die Grafik dient der Rückkopplung über die Vorgänge und zur Zusammenfassung. -- Bedeutung der eingezeichneten Symbole: Die Kreismarkierungen zeigen Temperaturmesswerte an (der Temperaturfühler kann je nach Einsatz die Proben- oder Regeltemperatur oder die Umgebungstemperatur im Messraum dokumentieren). Die horizontalen Striche geben die relative Lage der Probenoberfläche wieder; sie wurde 63-Mal bestimmt, die insgesamt größte Variation der Niveauhöhe betrug 0,41mm. Die senkrechte, gestrichelte Linie stellt den zeitlichen Nullpunkt dar, er bezieht sich auf das Herstellungsalter der Probe (2,2min) - die übrigen Zeitangaben im Bericht gelten relativ zu diesem Zeitpunkt ('0' im Diagramm ist der Start des Messprogramms). Ab der Zeit 0 Minuten wird eine, wegen der Skalierung jedoch kaum sichtbare, waagerechte gepunktete Linie angezeigt, die nach unten abbiegt; sie markiert den Zeitraum ab dem Start des Messprogramms bis zum Ende der Vorbereitungsphase. Die Härtezeitkennzahl IHZ bzw. FHZ ist unten an der Zeitachse als Stern-Symbol zum entsprechenden Zeitpunkt eingetragen. Die fünf Kreuzmarkierungen, im Diagramm oben eingetragen, zeigen Geschwindigkeits- bzw. Moduswechsel der Penetration an - die erste Marke bedeutet dabei die erste Messung.

Die Berechnungen verwenden die Messdaten nach Korrekturen, die Zeit/Trägheitseffekte der Kraftmessung und elastische Eigenschaften der Vorrichtung nach Angaben im Datenblatt der Messung (freier Messkörper) berücksichtigen.

Angaben zum Systemaufbau: In Berechnungen wird die Trägheitskonstante 0,37 [s] und der Elastizitätsfaktor 0,0201 [ $\mu\text{m}/\text{mN}$ ] wirksam; der Methodenname des Auswertungsalgorithmus ist "Gillmore - IHZ/FHZ". Der verwendete Messkörper ("GillmoreNadel 3"), Bezeichnung, "Frei angegeben", hat eine Masse von 188 [g] und den Indenterdurchmesser 0,35 [mm] und erzeugt so einen maximalen Flächendruck von 19,2 [MPa]. Die ASTM C 266-99 erklärt die Aushärtezeit ('time of setting') als den Zeitpunkt, bei dem die jeweilige Nadel erstmals keinen erkennbaren Abdruck mehr hinterlässt. Die initial setting-time needle ist definiert mit 113,4 [g] Prüflast, bei einem Indenterdurchmesser von 2,12 [mm] (ergibt den Druck von 0,315 [MPa]). Die final setting-time needle ist definiert mit 453,6[g] Prüflast, bei einem Indenterdurchmesser von 1,06 [mm] (ergibt den Druck von 5,04 [MPa]). Als gerade noch erkennbare Abdrucktiefe sind mit den Messkörperdaten formale 0,08 [mm] für IHZ und FHZ angegeben. Dies bedeutet für das IHZ-Kriterium eine  $H_{20}$  von 3,94 [MPa/mm] und das FHZ-Kriterium von 63,0 [MPa/mm]. Die maximale sicher darstellbare Härte  $H_{20}$  mit dem Messkörper "Frei angegeben" beträgt 1198 [MPa/mm]; bei der IHZ könnte mit dem Stempel ( $m=188$  [g],  $A=0,0962$  [mm<sup>2</sup>]) eine Eindringtiefe der Nadel von höchstens 4,87 [mm] erreicht werden und bei der FHZ dürften nicht mehr als 0,305[mm] erreicht werden.

Viskositätsangaben: Die Berechnung der Viskosität erfolgt ausschließlich nach dem Strömungswiderstand jedoch ohne Kalibrierfaktor, der wahre Viskositätswert kann dadurch spürbar geringer sein..

**• Mischung/Komposition**

Die Probe setzt sich aus zwei Komponenten zusammen, wobei alle Stoffe im Prüfablauf mit der Wägefunktion abgewogen wurden.

<b>A007-008</b>	: 2,6041 [g]	81,112 [%]	100,00 Tle	Einwaage, -0,8 [min]
<b>Wasser</b>	: 0,6064 [g]	18,888 [%]	23,286 Tle	Einwaage = Start

*Die Mengen sind in der Liste mit dem Absolut- und Relativwert sowie Anteilsmäßig (Tle) wiedergegeben. Die Angabemengen liegen als Wägewerte vor. Im Gegensatz zu Vorgaben aus wahren Massen sind dadurch die Mengenverhältnisse auch von der Luftdichte abhängig. ('Start' bedeutet Zeitpunkt '0' des Probenalters - er wurde hier für 2,2 Minuten nach dem Beginn der Messung festgelegt.) Es wird der Wägemodus genannt, Ein- bzw. Auswägeverfahren und eine Zeitangabe. Die Zeitangabe zur Komponente (=Übernahme der Wägedaten im Ablauf) wird relativ zum Startzeitpunkt gegeben.*

**• Verarbeitungsverhalten und Versteifung**

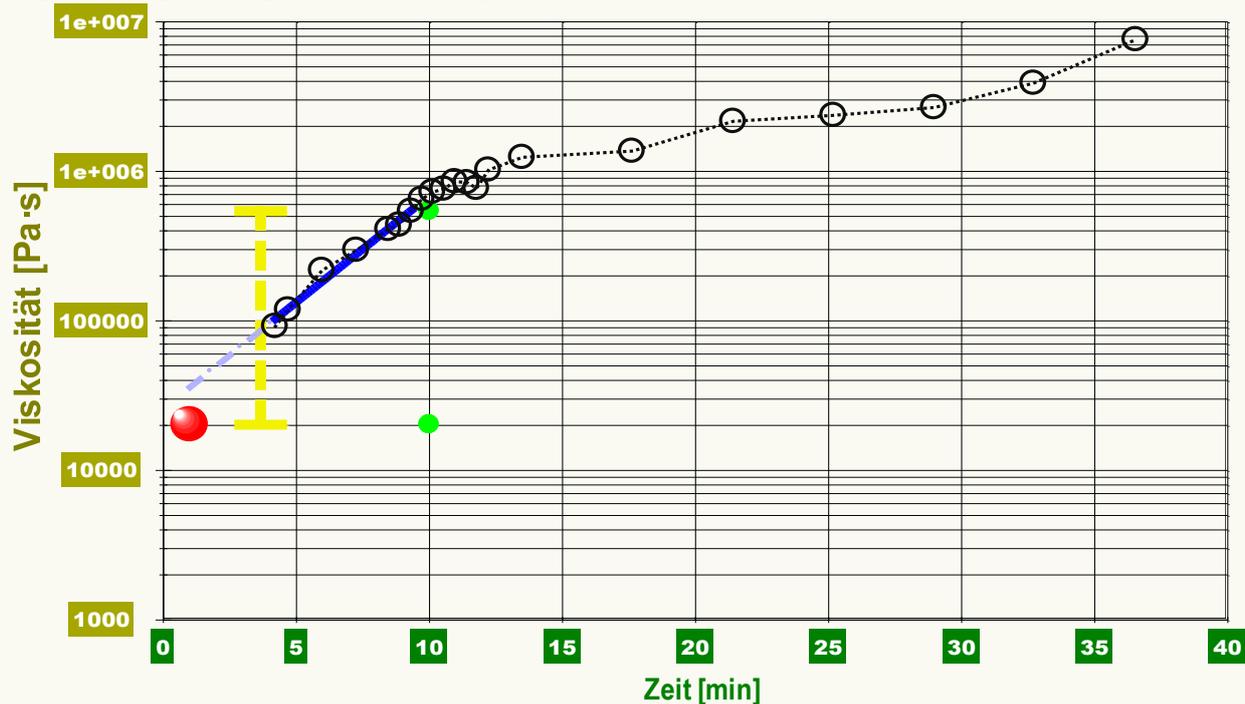
*In der Auswertung wurden die ersten sieben Werte, im Bereich 4,21 bis 9,31[min] ausgewählt, um über eine geeignete Regression die 'Viskositäts-Zeitabhängigkeit, die Viskosität zum Zeitpunkt 1[min] (Mischungsalter) sowie den Zeitpunkt des Erreichens der Verarbeitungs(zeit)grenze von 70000[Pa-s] zu berechnen. Diese Richtzeit (t<sub>v</sub>) entspricht dem Zeitpunkt, da die Viskosität etwa von 'Butter, kühltschrank-kalt' erreicht wird. Das Verdopplungsintervall (t<sub>2n</sub>) bedeutet die Zeitspanne im Betrachtungszeitraum, über den sich der Viskositätswert verdoppelt.*

Anfangs -Viskosität (η <sub>0</sub> )	:	20000 [Pa-s] bei 1min	(63% Extrapolation)
Verarbeitungszeit (t <sub>v</sub> )	:	3,6 [min]	(11% extrapoliert!)
Verdopplungszeit t <sub>2n</sub>	:	2,12 [min]	(n. Gl. II)

Regressionsgleichung (I) :  $\eta = f(t_{min}) = 4440 \cdot t[min]^{(2,13)}$   $r^2 = 0,9972$

*Die Regressionsgleichung (I) ist für die Extrapolation auf den Anfangs-Viskositätswert (ggf.) ungeeignet, darum wird der Angabewert zur Hälfte mit der Regressionsgleichung (II) ermittelt - beide Funktionsgraphen sind im Diagramm unten eingezeichnet.*

Regressionsgleichung (II) :  $\eta = f(t_{min}) = 25900 \cdot e^{(0,328 \cdot t[min])}$   $r^2 = 0,9903$



*Im Diagramm "Viskosität-Verlauf" werden die dynamisch gemessenen Werte als 'Viskositäten' in ihrem zeitlichen Verlauf abgebildet. Neben den Einzelwerten als Kreismarken sind die beiden Regressionsfunktionen (Funktionsgraphen), die Anfangsviskosität (Kugelmarke, 1min, 2,0E+4Pa-s), Verarbeitungszeit (senkrechte Linie, gestrichelt, 3,6min) und IHZ dargestellt (gepunktete Linie, 10min).*

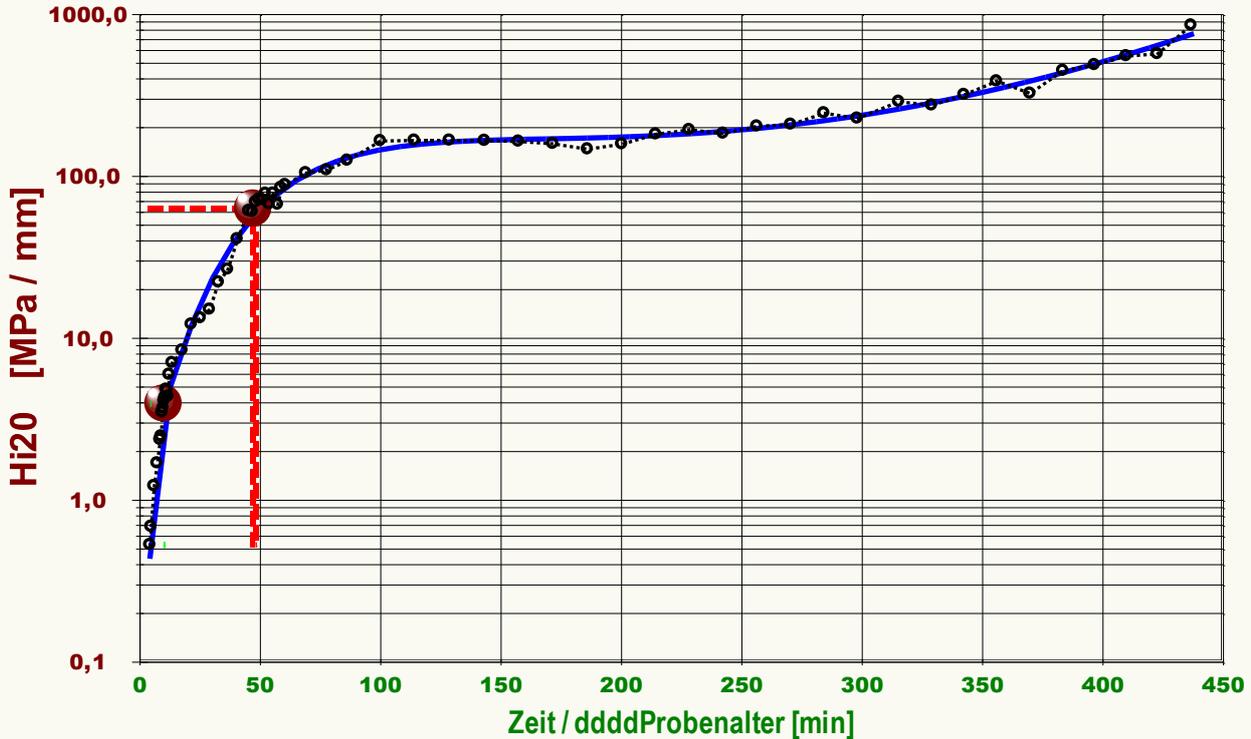
**• Abbindezeiten**

Initiale Aushärtezeit (IHZ) :	10,0 [min]
Finale Aushärtezeit (FHZ) :	47,2 [min]

Der zeitliche Härteverlauf kann durch eine potenzielle Regressionsgleichung sehr gut abgebildet werden:

$H_{i20} = f(t_{min}) = 8,24 \cdot 10^{-13} \cdot t^{(43,6 - 26,7 \cdot \ln(t) + 8,10 \cdot \ln(t)^2 - 1,17 \cdot \ln(t)^3 + 0,0643 \cdot \ln(t)^4)}$   $r^2 = 0,9954$

Die IHZ wurde durch potenzielle Interpolation zwischen den Punkten bzw. Messkurven Nr. 8 und Nr. 9 ermittelt. Nach der Gleichung berechnet - werden für die IHZ 10,7 Minuten erhalten ( $\Delta 0,7\text{min}$ ). Angabe der FHZ durch die Interpolation zwischen Messkurven Nr. 24 und Nr. 25; gemäß Gleichung ergeben sich hier 50,2 Minuten ( $\Delta 3,0\text{min}$ ). Die Zeitgleichung als (rationale) Repräsentation der Härtewerte  $H_{i20}$  gilt zwischen 4,2 und 436,7 Minuten ( $r^2$  ist der Korrelationskoeffizient; die Regressionsgleichung wurde durch die Methode der kleinsten Quadrate gebildet). **Bearbeitungshinweis:** Der Regressionsbereich ist durch die ausgeschaltete Option 'Ausreißer-Eliminierung' über alle Messpunkte ausgedehnt. Die Bereichseinschränkung für das 'Zeitgesetz' bis zur FHZ, wird automatisch durch die Aktivierung der Option zur Berichts-Neu-Anzeige bewirkt.



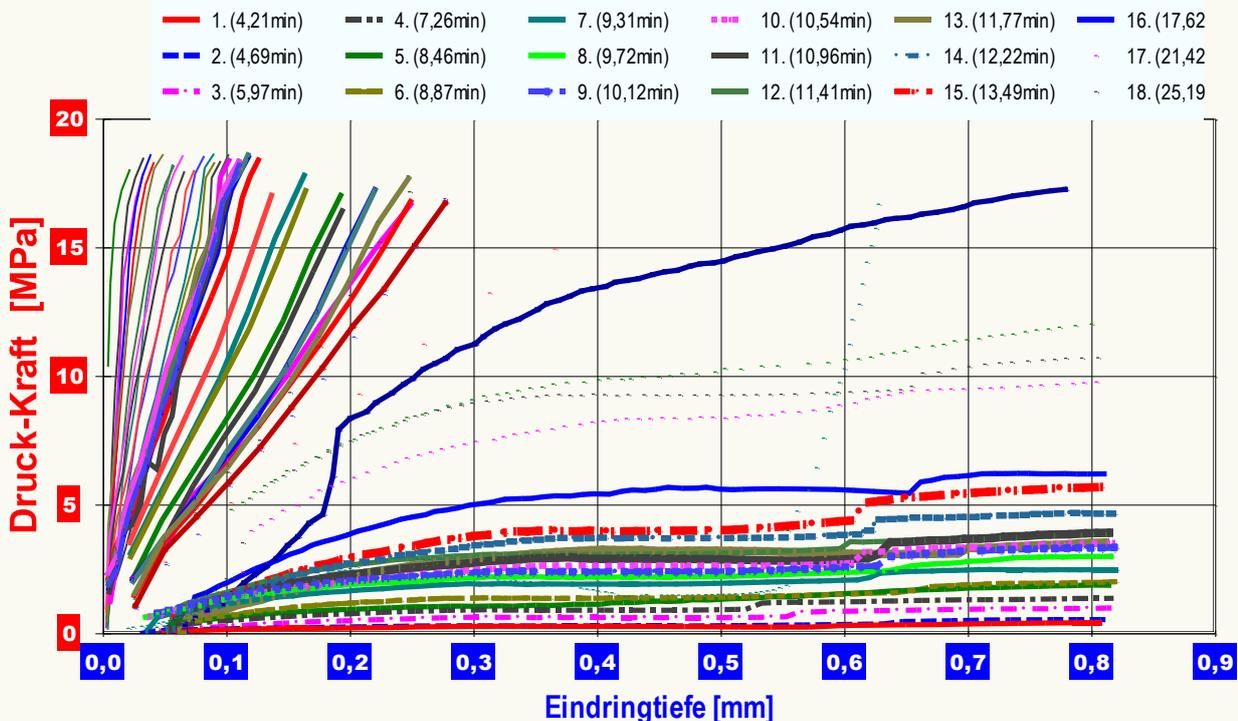
Das Diagramm "Härteverlauf" zeigt die Härte-Messwerte in zeitlicher Projektion an. - Die 61 Einzelwerte werden darin als Kreismarke angezeigt. Die IHZ und FHZ sind in Form von Kugelsymbolen eingezeichnet, der betreffende Bereich ist grafisch eingefasst - als Zeitspanne, über die der Verlauf den kritischen Härtewert erstmals erreicht und dann endgültig überschreitet. Die Kennzahl wird darin jedoch zwischen den ersten beiden Werten interpolierend ermittelt. Der Achsenabschnitt zeigt insofern einen Zeitbereich an, der gewissermaßen eine 'Unsicherheit' bedeutet.

### Zusammenstellung grundlegender Daten zu den einzelnen Härtemesswerten, Tabelle 1:

N°	t	T	Pkte	sw	d <sub>Fmax.</sub>	v <sub>M</sub>	H <sub>i20</sub>	η <sub>f4</sub>
1.	4,2	22,15	34	0,022	0,806	0,203 °	0,530	9,2E+4
2.	4,7	22,10	71	0,011	0,807	0,203 °	0,686	1,2E+5
3.	6,0	21,92	75	0,010	0,822	0,202 °	1,22	2,2E+5
4.	7,3	21,83	75	0,010	0,815	0,203 °	1,69	3,0E+5
5.	8,5	22,04	70	0,011	0,801	0,202 °	2,36	4,1E+5
6.	8,9	22,05	70	0,011	0,817	0,202 °	2,48	4,4E+5
7.	9,3	21,98	63	0,011	0,717	0,201 °	3,49	5,4E+5
8.	9,7	21,90	75	0,010	0,815	0,202 °	3,70	6,5E+5
9.	10,1	21,91	73	0,011	0,818	0,202 °	4,10	7,3E+5
10.	10,5	21,99	71	0,011	0,818	0,202 °	4,31	7,6E+5
11.	11,0	22,06	71	0,011	0,814	0,201 °	4,83	8,5E+5
12.	11,4	22,03	73	0,011	0,811	0,201 °	4,77	8,4E+5
13.	11,8	21,96	74	0,010	0,811	0,201 °	4,37	7,7E+5
14.	12,2	21,96	68	0,011	0,786	0,200 °	5,97	1,0E+6
15.	13,5	21,97	73	0,010	0,808	0,201 °	7,06	1,2E+6
16.	17,6	21,81	65	0,011	0,740	0,199 °	8,43	1,4E+6
17.	21,4	22,19	76	0,010	0,803	0,198 °	12,2	2,2E+6
18.	25,2	21,99	76	0,010	0,805	0,198 °	13,3	2,4E+6
19.	29,0	22,16	72	0,011	0,799	0,197 °	15,1	2,7E+6
20.	32,7	22,39	72	0,011	0,778	0,194 °	22,2	3,9E+6
21.	36,6	22,21	123	0,005	0,627	0,096 °	26,6	7,6E+6
22.	40,6	22,04	7	0,056	0,365	0,023 °	41,0	2,8E+7
23.	45,3	21,96	10	0,028	0,276	0,0053 °	61,3	1,4E+8
24.	46,8	22,05	11	0,028	0,277	0,0054 °	60,4	1,4E+8
25.	48,1	21,99	10	0,028	0,248	0,0056 °	69,3	1,3E+8
26.	49,5	21,99	10	0,028	0,247	0,0055 °	72,0	1,4E+8
27.	51,0	21,99	10	0,028	0,247	0,0055 °	71,6	1,4E+8
28.	52,3	21,80	9	0,028	0,220	0,0057 °	78,3	1,3E+8
29.	53,8	21,81	9	0,028	0,249	0,0049 °	67,5	1,5E+8
30.	55,4	22,02	9	0,028	0,220	0,0056 °	78,5	1,3E+8
31.	57,3	22,07	9	0,028	0,249	0,0050 °	67,0	1,5E+8
32.	58,8	22,10	8	0,028	0,193	0,0058 °	85,2	1,2E+8

33.	60,4	22,12	8	0,028	0,192	0,0055 <sup>.1</sup>	88,7	1,4E+8
34.	69,0	22,00	7	0,028	0,164	0,0055 <sup>.1</sup>	105	1,4E+8
35.	77,7	22,20	7	0,028	0,163	0,0048 <sup>.1</sup>	109	1,6E+8
36.	86,2	22,27	6	0,028	0,136	0,0047 <sup>.1</sup>	125	1,6E+8
37.	100,0	22,36	18	0,008	0,110	0,0014 <sup>.1</sup>	166	5,7E+8
38.	114,1	22,50	18	0,008	0,110	0,0014 <sup>.1</sup>	167	5,7E+8
39.	128,7	22,46	17	0,008	0,110	0,0013 <sup>.1</sup>	167	6,2E+8
40.	143,2	22,42	18	0,008	0,110	0,0014 <sup>.1</sup>	166	5,7E+8
41.	157,3	22,26	18	0,008	0,110	0,0014 <sup>.1</sup>	164	5,6E+8
42.	171,6	22,17	18	0,008	0,117	0,0012 <sup>.1</sup>	159	6,8E+8
43.	186,0	22,26	20	0,008	0,125	0,0014 <sup>.1</sup>	147	5,8E+8
44.	200,3	22,46	18	0,008	0,117	0,0012 <sup>.1</sup>	158	6,8E+8
45.	214,4	22,34	17	0,008	0,101	0,0014 <sup>.2</sup>	182	5,7E+8
46.	228,3	22,66	15	0,008	0,0945	0,0012 <sup>.1</sup>	194	6,7E+8
47.	242,4	22,51	16	0,008	0,101	0,0012 <sup>.1</sup>	184	6,8E+8
48.	256,4	22,62	15	0,008	0,0896	0,0012 <sup>.1</sup>	204	6,7E+8
49.	270,4	22,61	15	0,008	0,0890	0,0012 <sup>.1</sup>	209	6,8E+8
50.	284,2	22,57	13	0,008	0,0732	0,0011 <sup>.1</sup>	246	7,2E+8
51.	298,0	22,96	14	0,008	0,0812	0,0012 <sup>.1</sup>	228	6,8E+8
52.	315,3	22,82	12	0,008	0,0641	0,0010 <sup>.1</sup>	290	8,1E+8
53.	329,0	23,03	12	0,008	0,0653	0,0011 <sup>.1</sup>	275	7,1E+8
54.	342,4	22,72	11	0,008	0,0569	0,0011 <sup>.1</sup>	319	7,2E+8
55.	356,0	22,83	10	0,008	0,0480	0,0011 <sup>.1</sup>	388	7,4E+8
56.	369,8	22,59	10	0,008	0,0559	0,0011 <sup>.1</sup>	326	7,2E+8
57.	383,5	22,36	9	0,008	0,0406	0,0012 <sup>.2</sup>	450	6,7E+8
58.	396,6	22,81	8	0,008	0,0381	0,0011 <sup>.2</sup>	488	7,4E+8
59.	409,7	22,77	8	0,008	0,0323	0,0012 <sup>.2</sup>	554	6,5E+8
60.	422,7	22,90	8	0,008	0,0323	0,0013 <sup>.2</sup>	572	6,2E+8
61.	436,7	23,14	7	0,008	0,021	0,0010 <sup>.2</sup>	858	7,9E+8

**Tabellenerläuterung:** Mit  $t$  [min] wird der relative Zeitpunkt des Härtewertes mit Bezug auf die Startzeit ausgegeben und mit  $T$  [°C] die Temperatur, **Pkte** gibt die den Kurvenzug beschreibende Anzahl an gültigen Kraft/Weg/Zeit-Messpunkten an, die im mittleren vertikalen Abstand  $sw$  [mm] gemessen wurden. Die Eindringtiefe der Nadel bei maximaler Kraft wird mit  $d_{Fmax}$  [mm] angegeben; bei relativ 'harten' Messkurven wird die Tiefe um eine Stelle genauer ausgegeben - um damit interpolierte Tiefenwerte zu kennzeichnen. Die mittlere Eindringgeschwindigkeit wird durch  $v_M$  [mm/s] angegeben. Es werden Kennzeichnungen den Geschwindigkeitswerten beigeordnet: "" bedeutet eine dynamische Penetration, "." eine (mehr) statische Messweise, zusätzlich zeigen die Zeichen ",,1,2,3" eine in dieser Reihe zunehmende Ungleichförmigkeit der Geschwindigkeit an. Die Härte wird mit  $H_{20}$  [MPa/mm] angegeben - "IMETER-Härte nach Methode 20". Die  $H_{20}$  wird aus dem Quotienten der größten Messkraft, die in der Penetrationskurve auftritt, und der dazugehörigen Eindringtiefe  $d_{Fmax}$  und der Nadelfläche gebildet. Das Verhältnis des letzten Kraftmesswertes zur Eindringgeschwindigkeit  $v_M$  sowie mit den geometrischen Verhältnissen wird verwendet (gemäß der Angaben im Abschnitt zum Systemaufbau), um die dynamische Viskosität  $\eta_{14}$  [Pa·s] zu berechnen. Der Index '14' deutet an, dass der Angabewert vom wahren Wert (nach oben) abweichen kann, indem 4 mögliche Korrekturterme nicht eingesetzt wurden. -- Viskositätsbereiche zum Vergleich der Größenordnungen: Wasser 0.001, Glycerin 1, Honig 10, Bitumen  $10^8$ , Glas  $10^{16}$  [Pa·s].



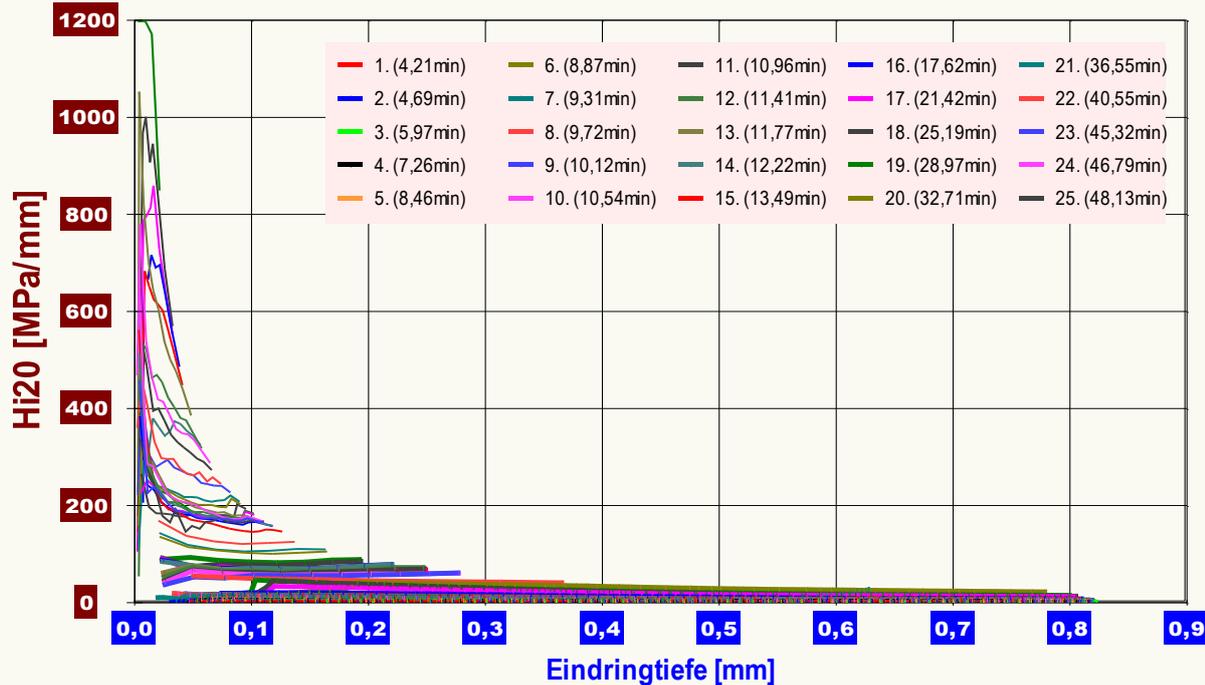
**In der Datengrafik "Druck-Eindringtiefe"** wird für jede einzelne Penetrationskurve ein Graph im Kraft-Weg-Diagramm angezeigt. Je steiler die Kraft mit der Eindringtiefe ansteigt desto härter ist die Probe. Die jeweils lokal und momentan auf die Nadelspitze wirkende Druckkraft wird in Abhängigkeit von der Eindringtiefe abgebildet. Alle Indentationen einer Messung werden in diesem Diagramm - als Druckkurven - übereinander gezeichnet. Waagerechte Verläufe zeigen eine konstante Verformungskraft an (ggf. gleichmäßiges Fließen); 'Fließgrenzen' finden ihre Entsprechung in (lokalen) Kurvenmaxima (->  $d_{Fmax}$ ). Ein gleichbleibender Kurvenanstieg spiegelt ein rein elastisches Verhalten wieder und die Steigung ist dem E-Modul proportional. Globale

**Zusätzliche Daten, Tabelle 2:**

N°	d <sub>max.</sub>	F <sub>e</sub>	F <sub>max</sub>	%max <sub>F</sub>	Stg	N <sub>%&lt;0</sub>	N <sub>%&lt;1/2Stg</sub>	W	P
1.	0,806	41,083	41,083	2,2%	0,540 <sup>3</sup>	6%	35%	0,267	0,0717
2.	0,817	52,970	53,262	2,9%	0,661 <sup>3</sup>	1%	41%	0,330	0,0854
3.	0,822	96,853	96,853	5,3%	1,37 <sup>x</sup>	1%	49%	0,632	0,169
4.	0,815	132,730	132,730	7,2%	1,74 <sup>3</sup>	3%	52%	0,930	0,245
5.	0,814	181,788	182,165	9,9%	2,11 <sup>2</sup>	4%	26%	1,21	0,322
6.	0,817	194,766	194,766	11%	2,55 <sup>3</sup>	3%	51%	1,31	0,352
7.	0,819	239,635	240,497	13%	3,94 <sup>3</sup>	3%	51%	2,10	0,541
8.	0,815	289,767	289,767	16%	3,09 <sup>2</sup>	1%	45%	2,09	0,541
9.	0,818	322,910	322,910	18%	3,40 <sup>3</sup>	1%	42%	2,30	0,598
10.	0,818	338,961	338,961	18%	4,07 <sup>3</sup>	0%	41%	2,43	0,626
11.	0,814	377,902	377,902	20%	5,43 <sup>3</sup>	1%	46%	2,63	0,696
12.	0,811	372,337	372,337	20%	5,60 <sup>x</sup>	1%	62%	2,83	0,748
13.	0,811	340,864	340,864	18%	4,96 <sup>3</sup>	1%	49%	2,58	0,693
14.	0,816	449,333	451,517	24%	6,62 <sup>3</sup>	0%	51%	3,37	0,891
15.	0,808	548,964	548,964	30%	6,59 <sup>3</sup>	1%	40%	3,65	0,976
16.	0,810	598,122	599,881	33%	11,1 <sup>3</sup>	2%	43%	5,01	1,33
17.	0,803	941,920	941,920	51%	14,3 <sup>3</sup>	0%	45%	6,95	1,83
18.	0,805	1032,246	1032,246	56%	16,9 <sup>x</sup>	0%	59%	7,88	2,04
19.	0,799	1158,108	1158,108	63%	22,8 <sup>x</sup>	0%	57%	8,49	2,21
20.	0,778	1661,483	1661,483	90%	28,0 <sup>3</sup>	0%	44%	11,0	2,94
21.	0,627	1606,246	1606,246	87%	49,2 <sup>x</sup>	2%	80%	2,60	0,409
22.	0,365	1439,070	1439,070	78%	40,4 <sup>o</sup>	0%	0%	8,14	0,444
23.	0,276	1627,141	1627,141	88%	63,8 <sup>o</sup>	0%	0%	7,80	0,150
24.	0,277	1610,875	1610,875	87%	59,5 <sup>o</sup>	0%	9%	8,14	0,140
25.	0,248	1652,789	1652,789	90%	68,6 <sup>o</sup>	0%	10%	7,96	0,154
26.	0,247	1711,898	1711,898	93%	71,6 <sup>o</sup>	0%	0%	8,37	0,163
27.	0,247	1701,829	1701,829	92%	70,2 <sup>o</sup>	0%	0%	8,42	0,163
28.	0,220	1657,817	1657,817	90%	76,8 <sup>o</sup>	0%	0%	8,03	0,181
29.	0,249	1616,196	1616,196	88%	68,7 <sup>o</sup>	0%	0%	8,06	0,165
30.	0,220	1660,644	1660,644	90%	76,2 <sup>o</sup>	0%	0%	8,03	0,181
31.	0,249	1605,309	1605,309	87%	65,0 <sup>o</sup>	0%	0%	8,43	0,172
32.	0,193	1581,599	1581,599	86%	84,3 <sup>o</sup>	0%	0%	7,81	0,197
33.	0,192	1639,177	1639,177	89%	85,2 <sup>o</sup>	0%	0%	8,34	0,207
34.	0,164	1657,020	1657,020	90%	100 <sup>1</sup>	0%	0%	8,68	0,256
35.	0,163	1714,275	1714,275	93%	104 <sup>1</sup>	0%	0%	9,05	0,242
36.	0,136	1639,229	1639,229	89%	117 <sup>1</sup>	0%	0%	8,79	0,273
37.	0,110	1751,799	1751,799	95%	161 <sup>1</sup>	0%	0%	9,83	0,103
38.	0,110	1765,886	1765,886	96%	157 <sup>1</sup>	0%	0%	10,4	0,111
39.	0,110	1765,738	1765,738	96%	175 <sup>1</sup>	0%	12%	9,21	0,100
40.	0,110	1760,505	1760,505	95%	168 <sup>1</sup>	0%	0%	10,1	0,103
41.	0,110	1739,226	1739,226	94%	166 <sup>1</sup>	0%	11%	10,6	0,111
42.	0,117	1790,444	1790,444	97%	150 <sup>1</sup>	0%	6%	10,4	0,102
43.	0,125	1771,281	1771,281	96%	143 <sup>1</sup>	0%	0%	10,1	0,0865
44.	0,117	1782,332	1782,332	97%	151 <sup>o</sup>	0%	0%	10,0	0,0951
45.	0,101	1769,495	1769,495	96%	187 <sup>2</sup>	0%	0%	9,25	0,094
46.	0,094	1764,372	1764,372	96%	221 <sup>2</sup>	0%	7%	8,63	0,0982
47.	0,101	1789,189	1789,189	97%	191 <sup>2</sup>	0%	0%	9,44	0,102
48.	0,090	1759,697	1759,697	95%	219 <sup>1</sup>	0%	7%	9,42	0,103
49.	0,089	1791,753	1791,753	97%	220 <sup>1</sup>	0%	7%	9,69	0,107
50.	0,073	1730,721	1730,721	94%	257 <sup>1</sup>	0%	15%	10,0	0,136
51.	0,081	1783,112	1783,112	97%	240 <sup>1</sup>	0%	7%	10,4	0,138
52.	0,064	1785,412	1785,412	97%	323 <sup>2</sup>	0%	17%	11,4	0,164
53.	0,065	1725,830	1725,830	94%	311 <sup>2</sup>	0%	8%	10,6	0,155
54.	0,057	1748,146	1748,146	95%	403 <sup>2</sup>	0%	18%	11,1	0,201
55.	0,048	1790,143	1790,143	97%	618 <sup>3</sup>	0%	30%	12,2	0,260
56.	0,056	1751,648	1751,648	95%	340 <sup>1</sup>	0%	0%	9,69	0,190
57.	0,041	1759,609	1759,609	95%	579 <sup>2</sup>	0%	22%	11,1	0,300
58.	0,038	1789,304	1789,304	97%	1220 <sup>3</sup>	0%	50%	11,2	0,363
59.	0,032	1720,769	1720,769	93%	742 <sup>2</sup>	0%	38%	11,1	0,373
60.	0,032	1776,408	1776,408	96%	866 <sup>2</sup>	0%	25%	12,1	0,486
61.	0,021	1733,252	1733,252	94%	1460 <sup>2</sup>	0%	43%	15,1	0,663

**Tabellenerläuterung:** d<sub>max.</sub> [mm] bezeichnet den Endwert der Eindringtiefe, also die tiefste Eindringung; an dieser Stelle wird die Kraft F<sub>e</sub> [mN] gemessen (=> η-Berechnung). F<sub>max</sub> [mN] ist die größte aufgetretene Kraft (=> H<sub>20</sub>-Berechnung). %max<sub>F</sub> zeigt den Nutzanteil des maximal erzeugbaren Druckes bei d<sub>Fmax</sub> an. Die mittlere Kurvensteigung in der jeweiligen Druck-Penetrations-Kurve wird mit Stg. gegeben. Die Größe Stg. [MPa/mm] ist ein H<sub>20</sub> analoger Härteausdruck - jedoch als Mittelwert über den Gesamtverlauf mit Individualmerkmalen der Eindringkurven versehen. Als Kennzeichnung für die in Stg. beinhaltete Wertestreuung sind die Zeichen "1,2,3,x" in Reihe zunehmender Varianz beige stellt; 'x' bedeutet einen extrem un stetigen Kraftverlauf bei der Eindring. Als zusätzliche Merkmale zur Klassifikation jeweiliger Penetrationskurven werden mit N<sub>%<0</sub> und N<sub>%<1/2Stg</sub> zwei weitere Kennzahlen berechnet. Negative Steigungswerte der Druckkurven (z.B. durch Einbrüche, Fließgrenzen, Blasen) werden durch N<sub>%<0</sub> mit dem Prozentsatz dieser Werte ausgewiesen. Die Spalte N<sub>%<1/2Stg</sub> gibt den prozentualen Anteil von Kurvenpunkten mit unterdurchschnittlicher Steigung an. Große Werte z.B.

größer 50%, zeigen an, dass einige relativ hohe Steigungswerte auftreten. Mit  $W$  [J/cm<sup>3</sup>] und  $P$  [W/cm<sup>3</sup>] wird die spezifische Penetrationsarbeit und -leistung angegeben - die bis  $d_{Fmax}$  berechnet wird



**Abbildung "Härte-Eindringtiefe":** Die 4. Darstellungsart gibt die für jeden Punkt in jeder Eindringkurve berechnete Härte als  $H_{20}$ -Härte in Abhängigkeit von der Eindringtiefe wieder. Jede einzelne Eindringung (Härtemesswert) wird in diesem Diagramm ebenfalls als separate Kurve gezeichnet. Bedeutung der Kurvenverläufe: Insgesamt abfallende Kurvenverläufe entsprechen plastischen Verformungen und zeigen ggf. ein 'quasistationäres Fließen' an, Unstetige Anstiege oder Gefälle in den Graphen können Übergänge in härtere bzw. weichere Schichten anzeigen. Für rein elastische Vordringungen, die dem Federhärtemodell einer Druck- oder Zugfeder entsprechen (Hooksches Gesetz), ergeben sich waagerechte Verlaufsformen der Graphen. (Um dies anzuzeigen, müssen die Achsen linear skaliert werden.)

**Berichtseinstellungen - aktivierte Ausgabeeinstellungen:** Erläuterungstexte, detaillierte Ergebnisse, allgemeine Angaben, Bearbeitungshinweise, formatierte Tabellen, Prüfmittelüberwachung, Online-Protokoll, Status und Ausführungshinweise, Berichtseinstellungen, Authentifizierungen, sensorische Zusatzdaten + IFG-Ereignisse.

**Beschränkte Informationsausgabe durch negierte Optionen:** Audit-Trail 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 ( $s^2$ ) 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 die Anzahl der Werte weniger 1. Sofern nicht anders bezeichnet, werden für  $\pm$ (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 267, Datenbank imeter-Beispiele) auffindbar und als Referenz oder Vergleich nutzbar. Ggf. enthalten nachfolgend ausgegebene Informationen, 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.

## Programm

Data created by execution of the IMPro **"Zement-Standard"**, type 20/54. Die Messung wurde programmgemäß ausgeführt.

## Prüfmittel

Die Kraftmesseinrichtung (WZ224-CW) wurde 6,1 Stunden vor dieser Messung von imeter justiert.

**IMETER ID16405541:** Systemdaten: Auflösung des Wägesystems 0,1 mg, Messunsicherheit<sup>\*)</sup> 0,4 mg, Dichte der Justiermasse<sup>\*)</sup> 8,000 g/cm<sup>3</sup>, Luftdichte<sup>\*)</sup> 1,225 kg/m<sup>3</sup>; Umrechnungen von Masse nach Kraft mit dem Wert 9,81 m/sec<sup>2</sup> für die Fallbeschleunigung<sup>\*)</sup>. Die Messauflösung der Temperaturmessung beträgt 0,01 K, die Unsicherheit<sup>\*)</sup> 0,03 K. Akquisitions-Softwareversion IMETER 4.1.81, LizenzN<sup>o</sup> , Windows 5.1- Betriebssystem auf PC Ser.N<sup>o</sup>143431694 (C, iTop).

<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.

Report created by M. Breitwieser

---

Mit diesem Beispiel wurde anhand des automatischen Berichts gezeigt, wie z.B. für medizinische Phosphatzemente eine anwendungstechnische Prüfung automatisiert, integriert und voll dokumentiert abläuft. Dabei wird von IMETER die Rezepturverwaltung übernommen, das Verarbeitungsverhalten bestimmt und die klassischen Kennzahlen (der ASTM C 266) objektiv ermittelt.

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



Messtechnik - nachhaltig zusammengefasst

Intelligenter messen.

- ◆ [Feststoff- und Flüssigkeitsdichte](#), [Ausdehnungskoeffs.](#)
- ◆ [Grenz-, Oberflächenspannung](#) und [~Energie](#)
- ◆ [Viskosität](#), [Rheologie](#), [Konsistenz](#), [Textur](#)
- ◆ [\(Aus-\)Härtungszeit](#), [Porosität](#), [Sorptivität](#) u.v.a.
- ◆ [freie und spezifische Automationen](#)

©2016 IMETER/MSB Breitwieser MessSysteme

Verantwortung: Michael Breitwieser,

Morellstrasse 4, D-86159 Augsburg

Tel. (+49/0)821/706450, Fax (0)821/7473489

[www.imeter.de](http://www.imeter.de)

**IMETER - Dienstleistungen:**

[www.imeter.de/dienstleistungen.html](http://www.imeter.de/dienstleistungen.html)

Probieren Sie 's einfach!