



©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 beurteilungsreife Darstellung automatisiert ist!

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



IMETER V.5.0 rev.50

automatic Report (68A3A1S16312B), imeter/MSB, Augsburg

## ID N° 124 - Setting Time Determination

Title: **Gips - parallele Temperaturmessung**  
Remarks: Der Temperaturfühler steckt im Gipsbrei.

Subject: **Gips (70,453%)** und Wasser bei 50% [r.H.] und 23,67 [°C]  
Result: IHZ = **22,8** [min], FHZ = **36,2** [min]  
 $t_{2\eta} = 1,6$  [min],  $t_v = 13$  [min],  $\eta_0 = 230$  [Pa·s]

## Report

### • Allgemeines

Auswertung von 69 Penetrationen - Die Startzeit '0 [min]' zur Bestimmung des Härteverlaufs, 2,2 Minuten nach dem Beginn des Messprogramms - um 13:55:19 - wurde mit der Komponentenwägung

## IMETER Methode Nr.20 "Auto-Gillmore-Needle": Verarbeitungs- und Aushärtezeit

### Studie zur Viskositäts- und Härtezunahme von Gips beim Abbinden und der dabei auftretenden Erwärmung

(Die Messung der Härte bzw. Viskosität erfolgt über die Kraft, die gegen einen zylindrischen Eindringkörper wirkt, während dieser in die Probe gedrückt wird. Die jeweiligen Penetrationen finden an frischen, ungestörten Probenoberflächen statt – Einzelheiten zur Technik vgl. Methoden- Dokumentation).

Der Gipsbrei wurde unter Nutzung der Rezeptur/Wägefunktion hergestellt. Dabei wird die Komposition durch Dialoge assistiert eingewogen, die Mengen registriert und der Zeitbezug getriggert (Zeitpunkt "0" ist der Zugabezeitpunkt des Wassers). Die Probe wird durch Zeitsignale begleitet angerührt; dann wird sie geteilt und ein Teil in die Drehvorlage zur Härtemessung gegeben. Die gesamte Messung läuft automatisch ab. Der Temperaturverlauf dokumentiert in diesem Beispiel die Exothermie der Abbindereaktion, quasi als „zweites Auge“ zur Konsistenzmessung. Dazu wurde der Temperaturfühler einfach in den separierten Teil des Gipsbreies eingeführt. Aus dem Anfangsverlauf des Abbindevorgangs wird eine kritische Verarbeitungszeit ( $t_f$ ) bestimmt sowie ein Zeitintervall, das die Verdoppelungszeit der Viskosität angibt ( $t_{2\eta}$ ) und die Anfangsviskosität ( $\eta_0$ ) schätzt.



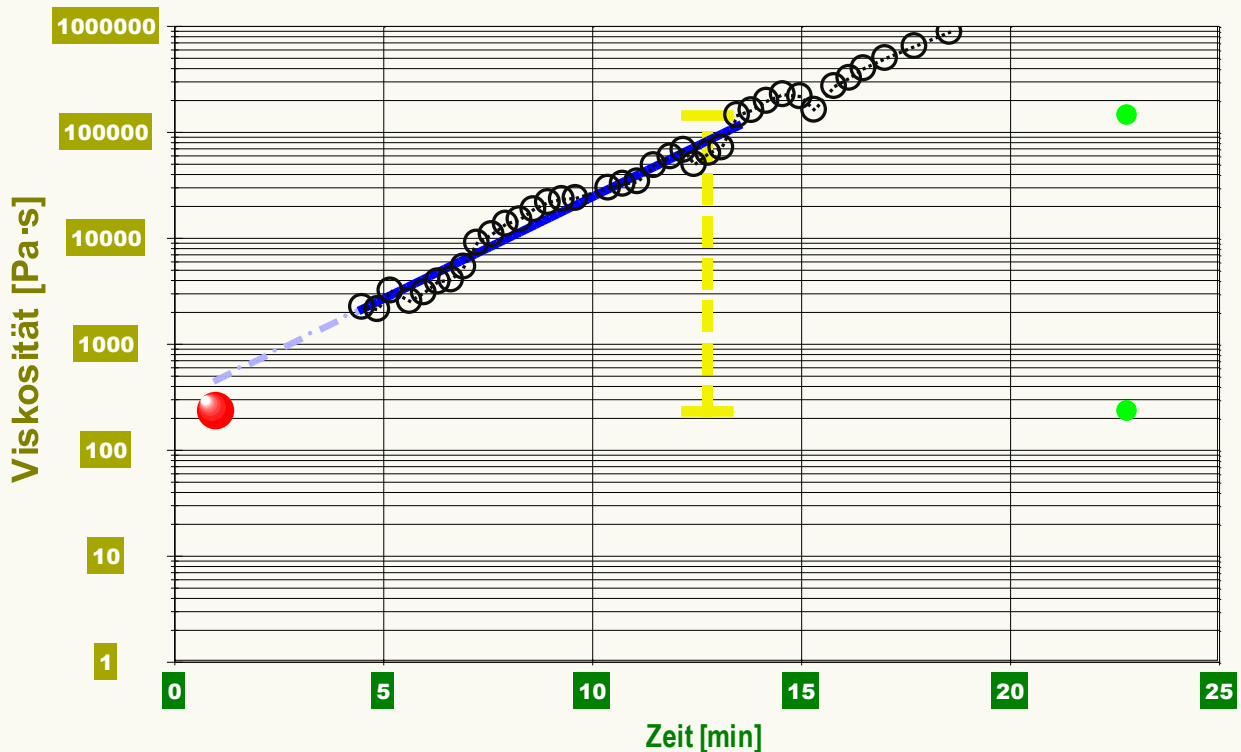
## • Verarbeitungsverhalten und Versteifung

In der Auswertung wurden die ersten 26 Werte, im Bereich 4,49 bis 13,47[*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 kühlenschrank-kalt erreicht wird. Das Verdopplungsintervall (*t<sub>2n</sub>*) bedeutet die Zeitspanne im Betrachtungszeitraum, über den sich der Viskositätswert verdoppelt.

Anfangs - Viskosität ( $\eta_0$ ) : 230 [Pa·s] bei 1min (39% Extrapolation)  
 Verarbeitungszeit (*t<sub>v</sub>*) : 13 [min]  
 Verdopplungszeit *t<sub>2n</sub>* : 1,6 [min] (n. Gl. II)  
 Regressionsgleichung (I) :  $\eta = f(t_{\text{min}}) = 5,19 \cdot t[\text{min}]^{(3,74)}$   $r^2=0,983$

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) :  $\eta = f(t_{\text{min}}) = 295 \cdot e^{(0,443 \cdot t[\text{min}])}$   $r^2=0,982$



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, 230Pa·s), die Verarbeitungszeit (senkrechte Linie, gestrichelt, 13min) und die IZH dargestellt (gepunktete Linie, 22,8min).

## • Abbindezeiten

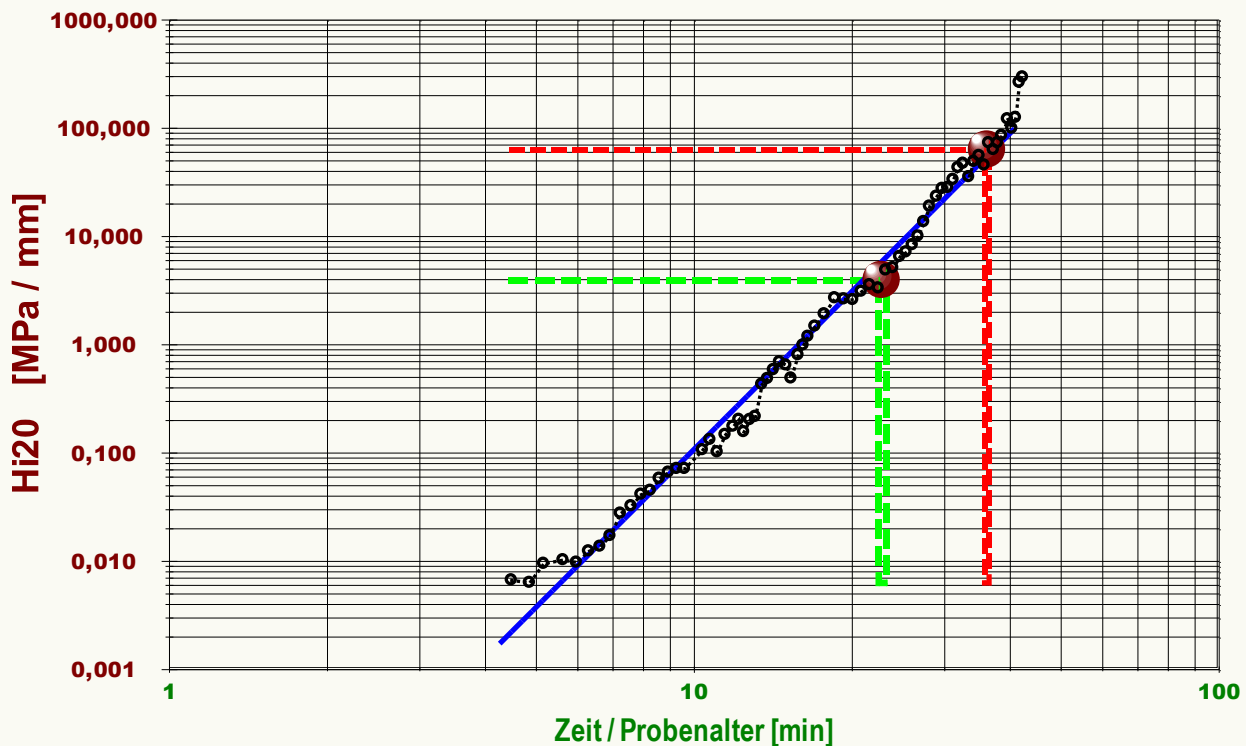
Initiale Aushärtezeit (IHZ) : 22,8 [min]

Finale Aushärtezeit (FHZ) : 36,2 [min]

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

$$H_{120} = f(t_{\text{min}}) = 1,55 \cdot 10^{-6} \cdot t[\text{min}]^{(4,85)} \quad r^2=0,9936$$

Die IHZ wurde durch potenzielle Interpolation zwischen den Punkten bzw. Messkurven Nr. 42 und Nr. 43 ermittelt. Nach der Gleichung berechnet werden für die IHZ 21 Minuten erhalten ( $\Delta$ -1,8min). Angabe der FHZ durch die Interpolation zwischen Messkurven Nr. 60 und Nr. 61; gemäß Gleichung ergeben sich hier 37,1 Minuten ( $\Delta$ 0,9min). Die Zeitgleichung als (rationale) Repräsentation der Härteverläufe  $H_{120}$  gilt zwischen 4,5 und 42,3 Minuten ( $r^2$  ist der Korrelationskoeffizient; die Regressionsgleichung wurde durch die Methode der kleinsten Quadrate gebildet).



Das Diagramm "Härteverlauf" zeigt die Härte-Messwerte in zeitlicher Projektion an. - Die 69 Einzelwerte werden darin als Kreismarken angezeigt. Die IHz und FHZ sind in Form von Kugelsymbolen eingezeichnet, der betreffende Bereich ist grafisch erfasst - 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.	4,5	19,21	36	0,037	1,360	0,351 "	6,67E-3	2,2E+3
2.	4,9	19,18	32	0,039	1,363	0,351 "	6,33E-3	2,1E+3
3.	5,2	19,14	31	0,039	1,360	0,351 "	9,52E-3	3,2E+3
4.	5,6	19,09	32	0,027	1,019	0,351 "	0,0103	2,5E+3
5.	6,0	19,06	40	0,029	1,279	0,351 "	9,77E-3	3,1E+3
6.	6,3	19,04	39	0,030	1,280	0,351 "	0,0124	3,9E+3
7.	6,6	19,02	34	0,032	1,214	0,351 "	0,0137	4,1E+3
8.	6,9	19,00	35	0,033	1,290	0,351 "	0,0171	5,4E+3
9.	7,2	18,99	38	0,033	1,334	0,351 "	0,0276	9,0E+3
10.	7,6	18,95	39	0,033	1,364	0,351 "	0,0323	1,1E+4
11.	7,9	18,95	38	0,033	1,337	0,351 "	0,0414	1,4E+4
12.	8,3	18,96	39	0,033	1,354	0,351 "	0,0449	1,5E+4
13.	8,6	18,96	37	0,035	1,307	0,351 "	0,0581	1,9E+4
14.	8,9	18,97	37	0,035	1,340	0,351 "	0,0661	2,2E+4
15.	9,3	18,98	34	0,038	1,323	0,350 "	0,0714	2,3E+4
16.	9,6	18,98	34	0,038	1,348	0,350 "	0,0716	2,4E+4
17.	10,4	19,00	30	0,038	1,164	0,351 "	0,106	3,0E+4
18.	10,7	19,03	26	0,038	1,005	0,350 "	0,133	3,2E+4
19.	11,1	19,06	35	0,038	1,358	0,350 "	0,102	3,4E+4
20.	11,5	19,09	34	0,039	1,336	0,350 "	0,147	4,9E+4
21.	11,9	19,12	34	0,039	1,355	0,350 "	0,176	5,9E+4
22.	12,2	19,15	33	0,040	1,354	0,350 "	0,203	6,8E+4
23.	12,4	19,18	31	0,041	1,289	0,350 "	0,157	5,0E+4
24.	12,8	19,23	29	0,043	1,283	0,350 "	0,202	6,3E+4
25.	13,1	19,27	29	0,045	1,338	0,350 "	0,216	7,2E+4
26.	13,5	19,31	30	0,044	1,363	0,350 "	0,429	1,4E+5
27.	13,8	19,36	29	0,045	1,338	0,349 "	0,485	1,6E+5
28.	14,2	19,42	30	0,044	1,357	0,349 "	0,585	2,0E+5
29.	14,6	19,49	29	0,044	1,320	0,349 "	0,693	2,3E+5
30.	15,0	19,56	29	0,045	1,355	0,349 "	0,648	2,2E+5
31.	15,3	19,63	27	0,047	1,333	0,349 "	0,490	1,6E+5
32.	15,8	19,74	27	0,048	1,360	0,349 "	0,803	2,7E+5
33.	16,2	19,82	26	0,049	1,322	0,348 "	0,987	3,2E+5

34.	16,5	19,90	26	0,050	1,351	0,348 °	1,19	4,0E+5
35.	17,0	20,03	26	0,050	1,353	0,347 °	1,48	5,0E+5
36.	17,7	20,24	25	0,050	1,341	0,345 °	1,92	6,5E+5
37.	18,6	20,55	25	0,050	1,296	0,343 °	2,70	8,8E+5
38.	19,3	20,85	25	0,056	1,489	0,145 °	2,63	2,3E+6
39.	20,1	21,19	25	0,056	1,490	0,143 °	2,60	2,3E+6
40.	20,9	21,55	22	0,056	1,319	0,141 °	3,10	2,5E+6
41.	21,6	21,95	18	0,056	1,095	0,140 °	3,56	2,4E+6
42.	22,5	22,40	19	0,056	1,153	0,138 °	3,33	2,4E+6
43.	23,2	22,83	15	0,056	0,923	0,138 °	4,87	2,8E+6
44.	23,9	23,28	15	0,056	0,921	0,136 °	5,12	3,0E+6
45.	24,7	23,75	11	0,056	0,698	0,135 °	6,48	2,9E+6
46.	25,4	24,22	10	0,056	0,640	0,134 °	7,15	3,0E+6
47.	26,1	24,71	8	0,056	0,530	0,134 °	8,33	2,9E+6
48.	26,7	25,20	6	0,056	0,418	0,131 °	10,0	2,8E+6
49.	27,4	25,71	11	0,028	0,332	0,069 °	13,6	5,7E+6
50.	28,1	26,24	7	0,028	0,221	0,067 °	18,9	5,4E+6
51.	29,0	26,93	14	0,012	0,184	0,025 °	23,4	1,5E+7
52.	29,7	27,50	16	0,012	0,170	0,025 °	27,6	1,6E+7
53.	30,5	28,01	14	0,012	0,159	0,025 °	28,2	1,5E+7
54.	31,2	28,49	11	0,012	0,125	0,023 °	33,5	1,6E+7
55.	31,9	28,91	12	0,012	0,109	0,023 °	43,1	1,8E+7
56.	32,6	29,24	11	0,012	0,098	0,023 °	47,1	1,7E+7
57.	33,4	29,53	12	0,012	0,124	0,023 °	35,4	1,7E+7
58.	34,1	29,66	11	0,012	0,097	0,023 °	49,1	1,8E+7
59.	34,9	29,69	8	0,012	0,077	0,020 °	55,6	1,9E+7
60.	35,7	29,59	9	0,012	0,099	0,021 °	45,4	1,9E+7
61.	36,4	29,41	7	0,012	0,062	0,019 °	73,0	2,1E+7
62.	37,2	29,13	9	0,012	0,074	0,021 °	63,1	1,9E+7
63.	37,9	28,83	8	0,012	0,062	0,019 °	72,9	2,1E+7
64.	38,6	28,47	6	0,012	0,051	0,018 °	85,3	2,1E+7
65.	39,6	27,88	6	0,012	0,0393	0,016 °	122	2,6E+7
66.	40,3	27,41	6	0,012	0,048	0,015 °	99,5	2,8E+7
67.	41,0	27,04	3	0,012	0,037	0,011 °	125	3,6E+7
68.	41,7	26,66	2	0,012	0,016	0,0071 °	264	5,2E+7
69.	42,3	26,30	3	0,012	0,015	0,0078 °	295	4,9E+7

**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<sup>8</sup>, Glas 10<sup>16</sup> [Pa·s].

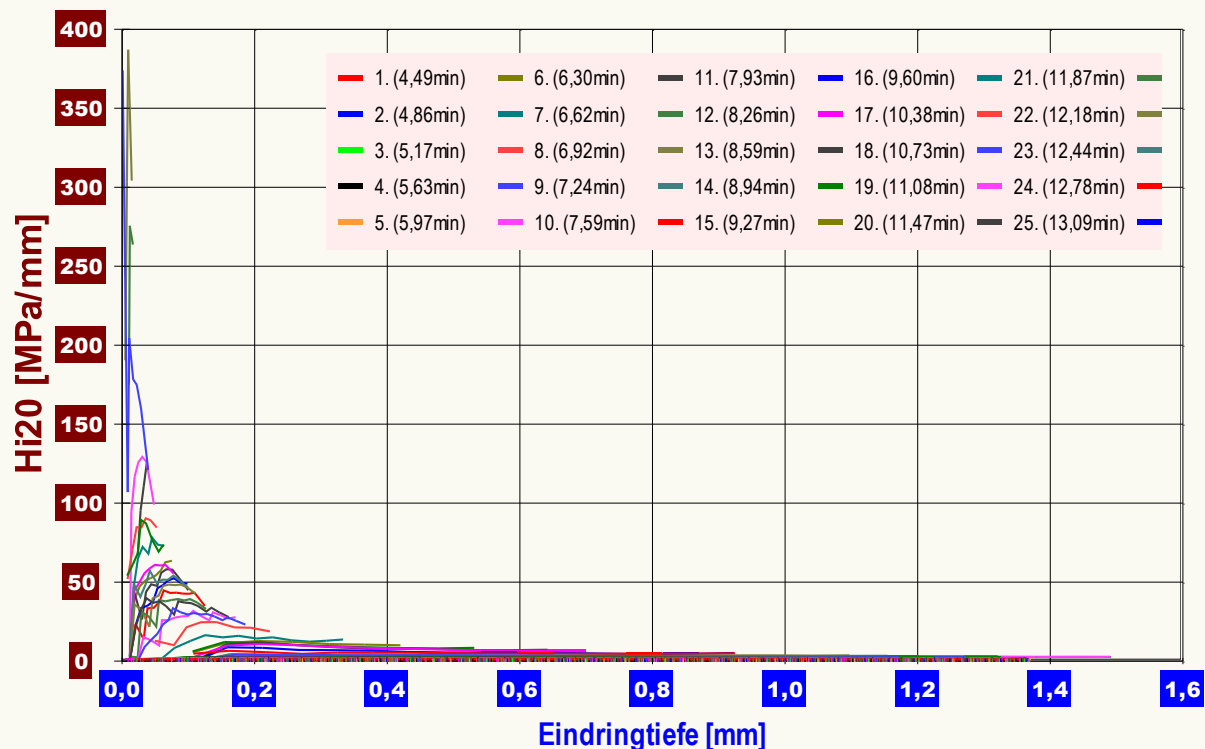
## Zusätzliche Daten, Tabelle 2:

N°	$d_{max.}$	$F_e$	$F_{max}$	%max <sub>F</sub>	Stg	N%<0	N%<1/2Stg	W	P
1.	1,360	3,414	3,414	0,19%	6,83E-3 <sup>1</sup>	0%	3%	4,52E-3	1,19E-3
2.	1,363	3,247	3,247	0,18%	6,94E-3 <sup>1</sup>	0%	0%	4,23E-3	1,21E-3
3.	1,360	4,868	4,868	0,26%	0,0107 <sup>3</sup>	0%	26%	5,85E-3	1,72E-3
4.	1,356	3,882	3,938	0,21%	0,0118 <sup>2</sup>	0%	13%	8,43E-3	2,44E-3
5.	1,367	4,659	4,698	0,25%	0,011 <sup>3</sup>	0%	23%	7,92E-3	2,25E-3
6.	1,345	5,924	5,961	0,32%	0,014 <sup>2</sup>	0%	18%	9,29E-3	2,66E-3
7.	1,345	6,187	6,237	0,34%	0,0151 <sup>3</sup>	0%	29%	0,0113	3,24E-3
8.	1,353	8,181	8,320	0,45%	0,0193 <sup>3</sup>	0%	40%	0,0123	3,55E-3
9.	1,367	13,792	13,863	0,75%	0,0300 <sup>3</sup>	0%	37%	0,0207	5,68E-3
10.	1,364	16,566	16,566	0,90%	0,035 <sup>2</sup>	0%	26%	0,024	6,59E-3
11.	1,337	20,802	20,802	1,1%	0,0435 <sup>2</sup>	0%	18%	0,0294	8,25E-3
12.	1,354	22,861	22,861	1,2%	0,0466 <sup>2</sup>	0%	26%	0,0346	9,29E-3
13.	1,345	28,520	28,548	1,5%	0,0588 <sup>3</sup>	0%	32%	0,0446	0,0118
14.	1,340	33,295	33,295	1,8%	0,0677 <sup>3</sup>	0%	38%	0,0536	0,0143
15.	1,362	35,501	35,514	1,9%	0,0745 <sup>2</sup>	0%	26%	0,0541	0,0142
16.	1,348	36,282	36,282	2,0%	0,0747 <sup>3</sup>	0%	38%	0,0517	0,0139
17.	1,355	45,488	46,613	2,5%	0,107 <sup>2</sup>	0%	27%	0,093	0,0242
18.	1,353	49,422	50,118	2,7%	0,133 <sup>2</sup>	0%	19%	0,121	0,0315
19.	1,358	51,948	51,948	2,8%	0,102 <sup>2</sup>	0%	20%	0,0766	0,0200

20.	1,336	74,003	74,003	4,0%	0,149 <sup>2</sup>	0%	24%	0,122	0,0322
21.	1,355	89,485	89,485	4,9%	0,183 <sup>2</sup>	0%	26%	0,148	0,0387
22.	1,354	103,386	103,386	5,6%	0,206 <sup>2</sup>	0%	12%	0,165	0,043
23.	1,333	75,529	75,921	4,1%	0,162 <sup>3</sup>	0%	35%	0,125	0,0334
24.	1,327	96,553	97,624	5,3%	0,207 <sup>3</sup>	0%	41%	0,168	0,0454
25.	1,338	108,885	108,885	5,9%	0,222 <sup>2</sup>	0%	21%	0,171	0,0459
26.	1,363	219,816	219,816	12%	0,444 <sup>2</sup>	0%	30%	0,332	0,088
27.	1,338	243,995	243,995	13%	0,505 <sup>1</sup>	0%	7%	0,350	0,0948
28.	1,357	298,650	298,650	16%	0,606 <sup>1</sup>	0%	13%	0,457	0,121
29.	1,320	344,041	344,041	19%	0,722 <sup>2</sup>	0%	34%	0,548	0,149
30.	1,355	330,029	330,029	18%	0,674 <sup>2</sup>	0%	24%	0,547	0,146
31.	1,333	245,887	245,887	13%	0,518 <sup>3</sup>	0%	37%	0,457	0,125
32.	1,360	410,831	410,831	22%	0,851 <sup>2</sup>	0%	22%	0,674	0,180
33.	1,322	490,906	490,906	27%	1,05 <sup>2</sup>	0%	15%	0,794	0,217
34.	1,351	603,757	603,757	33%	1,25 <sup>2</sup>	0%	23%	1,02	0,276
35.	1,353	750,936	750,936	41%	1,54 <sup>2</sup>	0%	27%	1,24	0,336
36.	1,341	969,494	969,494	53%	2,16 <sup>2</sup>	0%	20%	1,37	0,387
37.	1,296	1314,259	1314,259	71%	2,87 <sup>2</sup>	0%	4%	1,96	0,552
38.	1,489	1475,144	1475,144	80%	2,81 <sup>2</sup>	0%	20%	2,05	0,216
39.	1,490	1454,310	1454,310	79%	2,90 <sup>3</sup>	0%	44%	1,91	0,198
40.	1,319	1537,433	1537,433	83%	3,44 <sup>2</sup>	0%	23%	1,84	0,214
41.	1,095	1468,046	1468,046	80%	4,02 <sup>2</sup>	0%	28%	1,83	0,260
42.	1,153	1443,734	1443,734	78%	3,75 <sup>2</sup>	0%	21%	1,92	0,256
43.	0,923	1690,924	1690,924	92%	4,93 <sup>1</sup>	0%	13%	2,24	0,377
44.	0,921	1772,733	1772,733	96%	6,09 <sup>2</sup>	0%	33%	2,44	0,410
45.	0,698	1701,906	1701,906	92%	7,45 <sup>2</sup>	0%	18%	2,58	0,594
46.	0,640	1720,460	1720,460	93%	9,21 <sup>2</sup>	0%	40%	2,47	0,627
47.	0,530	1661,332	1661,332	90%	9,15 <sup>2</sup>	0%	13%	2,31	0,732
48.	0,418	1576,526	1576,526	85%	11,8 <sup>2</sup>	0%	17%	2,14	0,910
49.	0,332	1701,471	1701,471	92%	17,2 <sup>2</sup>	0%	36%	2,19	0,550
50.	0,221	1574,397	1574,397	85%	23,3 <sup>2</sup>	0%	43%	2,18	0,854
51.	0,184	1619,376	1619,376	88%	36,4 <sup>2</sup>	0%	29%	2,41	0,386
52.	0,170	1764,194	1764,194	96%	43,2 <sup>3</sup>	0%	44%	2,21	0,347
53.	0,159	1684,572	1684,572	91%	39,8 <sup>2</sup>	0%	36%	2,64	0,420
54.	0,125	1573,903	1573,903	85%	57,8 <sup>3</sup>	0%	36%	2,17	0,453
55.	0,109	1768,741	1768,741	96%	54,0 <sup>2</sup>	0%	33%	2,35	0,498
56.	0,098	1736,417	1736,417	94%	55,0 <sup>2</sup>	0%	45%	2,44	0,567
57.	0,124	1652,472	1652,472	90%	50,4 <sup>2</sup>	0%	17%	2,40	0,225
58.	0,097	1791,490	1791,490	97%	52,5 <sup>1</sup>	0%	9%	2,17	0,502
59.	0,077	1609,982	1609,982	87%	69,6 <sup>1</sup>	0%	13%	2,12	0,660
60.	0,099	1691,471	1691,471	92%	70,5 <sup>2</sup>	0%	22%	2,44	0,620
61.	0,062	1702,092	1702,092	92%	85,5 <sup>2</sup>	0%	29%	2,28	0,806
62.	0,074	1756,049	1756,049	95%	68,3 <sup>1</sup>	0%	11%	1,95	0,546
63.	0,062	1699,048	1699,048	92%	84,1 <sup>2</sup>	0%	13%	2,08	0,643
64.	0,051	1635,510	1635,510	89%	93,3 <sup>0</sup>	0%	0%	2,12	0,876
65.	0,039	1796,534	1796,534	97%	178 <sup>2</sup>	0%	33%	3,04	1,28
66.	0,048	1795,887	1795,887	97%	192 <sup>2</sup>	0%	17%	2,61	1,10
67.	0,037	1738,023	1738,023	94%	227 <sup>1</sup>	0%	0%	1,14	0,710
68.	0,016	1591,594	1591,594	86%	628 <sup>2</sup>	0%	50%	1,22	0,990
69.	0,015	1665,418	1665,418	90%	470 <sup>1</sup>	0%	33%	2,04	1,65

Tabellenerläuterung:  $d_{max}$  [mm] bezeichnet den Endwert der Eindringtiefe, also die tiefste Eindringung; an dieser Stelle wird die Kraft  $F_e$  [mN] gemessen ( $\Rightarrow \eta$ -Berechnung).  $F_{max}$  [mN] ist die größte aufgetretene Kraft ( $\Rightarrow H_{20}$ -Berechnung). %max<sub>F</sub> zeigt den Nutzanteil des maximal erzeugbaren Druckes bei  $d_{Fmax}$  an. Die mittlere Kurvensteigung in der jeweiligen Druck-Penetrations-Kurve wird mit **Stg.** gegeben. Die Größe **Stg.** [MPa/mm] ist ein  $H_{20}$  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 beigelegt; 'x' bedeutet einen extrem un stetigen Kraftverlauf bei der Eindringung. Als zusätzliche Merkmale zur Klassifikation jeweiliger Penetrationskurven werden mit  $N_{\%<0}$  und  $N_{\%<Stg}$  zwei weitere Kennzahlen berechnet. Negative Steigungswerte der Druckkurven (z.B. durch Einbrüche, Fließgrenzen, Blasen) werden durch  $N_{\%<0}$  mit dem Prozentsatz dieser Werte ausgewiesen. Die Spalte  $N_{\%<Stg}$  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  $H_{120}$ -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.)

## • Meldungen

Partielle, negative Bewegungstrecke im berechneten elastischen Versatz bei: 2588/41,0: 3 - 2628/41,6: 2 ([Datenzeit sec / Kurve bei min]: betroffene Werte).

'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.

In diesem Bericht werden nicht alle verfügbaren Diagramme ausgegeben. Sie können die Ausgabe der Grafiken durch Aktivierung der entsprechenden "Checkboxen" (unter der Registerkarte "Optionen") bewirken.

**Nicht angezeigte Charts:** In der 2. Datengrafik, "Druck-Eindringtiefe", wird jede Penetrationskurve als Kraft-Weg-Diagramm abgebildet.

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

**Beschränkte Informationsausgabe durch negierte Optionen:** Audit-Trail, 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 ( $s^2$ ) 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 124, 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 "ASTM C266-99 # V5", type 20/54. Die Messung wurde programmgemäß ausgeführt.

## Prüfmittel

Das Wägesystem (WZ224-CW) wurde 0,7 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 4.1.65, LizenzN° \*3037-4759\*, Windows 5.1- Betriebssystem auf PC Ser.N°143431694 (C, BOOT).

<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 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 weiteranalysiert werden.

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!