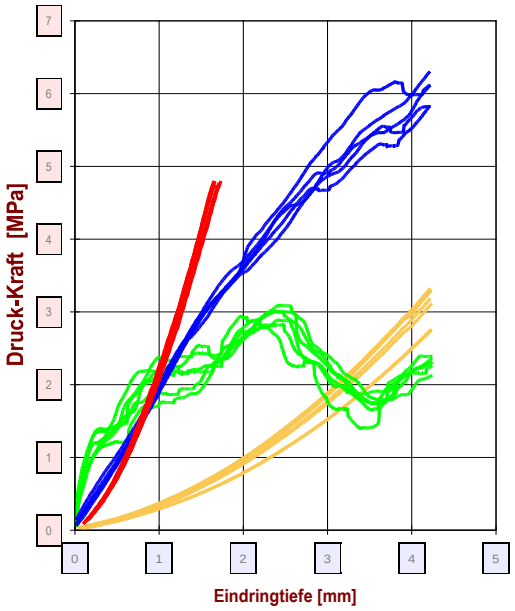
IMETER Methode N°20 "Auto-Gillmore-Needle"

Textur & Konsistenz:
Härte von Schaumstoff



In diesem Beispiel wurde die Härte/Textur/Konsistenz von relativ *hartem* Schaumstoff geprüft. Dazu wurde eine Materialprobe auf den Probenteller des Prüfstellenwechslers geklebt und einige Male gemessen, um einen Mittelwert zu erhalten.

Das Diagramm oben, aus der ***imeter*** Vergleichsfunktion, zeigt die Druckkraftverläufe bei verschiedenen, ähnlich *harten* Materialien (Rot: diese Messung, Blau: Lakritze, Grün: Konfekt und Ocker: Fruchtgummi.) - *Das Diagramm visualisiert das Gefühl an den Schneidezähnen beim Hineinbeißen.*

©2016 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 Modellier-sprache, 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 (7DA3CAS16312B), imeter/MSB, Augsburg

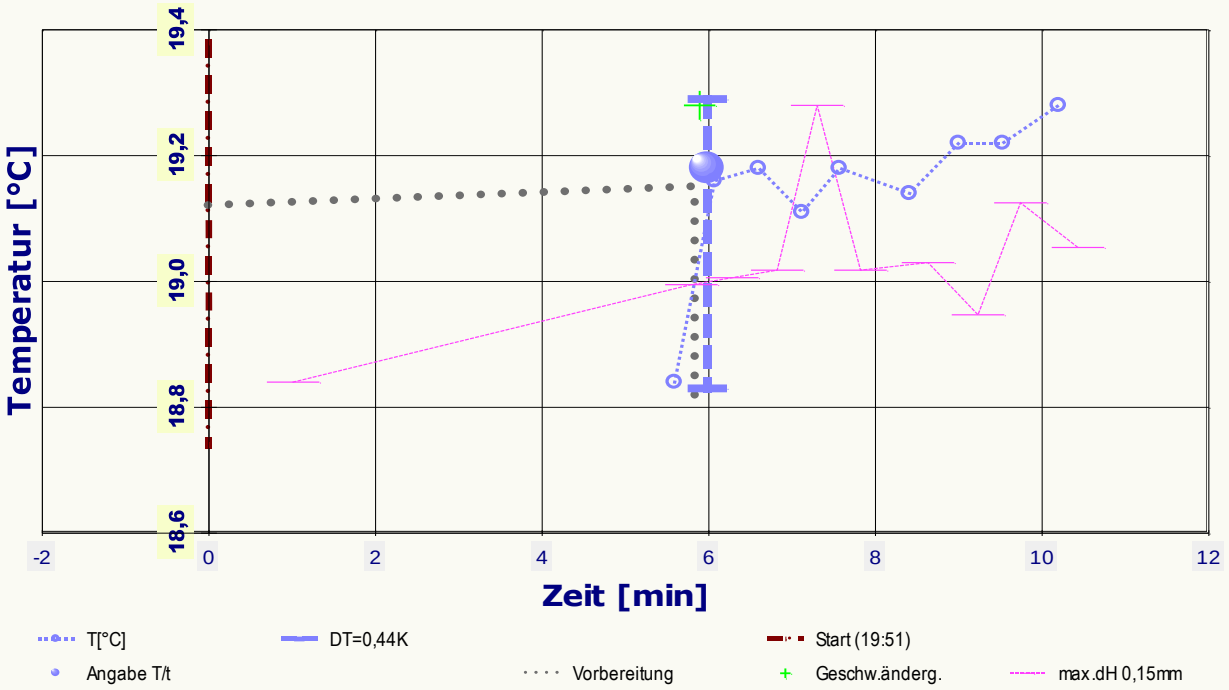
ID N° 134 - Hardness/Viscosity - Mean value

Title:	**Schaumstoff / PUR**
Remarks:	Polyurethanschaumstoff - grau, feinporiges Material.
Examination:	bei 19,18 [°C]
Result:	H_{i20} = 2,99 [MPa/mm] ($\pm\sigma_{rel.}$ 1,5%)
	η = $8{,}14 \cdot 10^5$ [Pa·s] ($\pm\sigma_{rel.}$ 0,32%)

Report

- **Allgemeines**

Auswertung von neun Penetrationen - Die gesamte Programmlaufzeit betrug zehn Minuten; Temperaturänderung im Bereich von 18,84 bis 19,28°C. - Gewichtetes Temperaturmittel 19,18°C, arithmetischer Gesamtmittelwert 19,15°C.



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 10-Mal bestimmt; die insgesamt größte Variation der Niveauhöhe betrug 0,15mm. Der Start der Penetrationsmessung wird durch eine Kreuzmarke, oben im Diagramm, angezeigt.

Die Berechnungen verwenden die Messdaten nach Korrektionen, die Zeit/Trägheitseffekte der Kraftmessung und elastische Eigenschaften der Vorrichtung nach Angaben im Datenblatt des Messkörpers ('*Gillmore 188/0.7*') berücksichtigen.

Angaben zum Systemaufbau: *In den Berechnungen wird die Trägheitskonstante 0,37 [s] und der Elastizitätsfaktor 0,0201 [µm/mN] wirksam; der Methodenname des Auswertungsalgorithmus' ist "Mittelwerte - Härte/Konsistenz". Der verwendete Messkörper ('GillmoreNadel 156'), Bezeichnung* ***Gillmore 188/0.7****, hat eine Masse von 188 [g] und den Indenterdurchmesser 0,692 [mm]. Er erzeugt so einen maximalen Flächendruck von 4,9 [MPa].*
Viskositätsangaben: *Die Berechnung der Viskosität erfolgt nach dem Strömungswiderstand unter Berücksichtigung der Probentiefe von 3[mm] durch die Berechnung der Quetschströmung ohne Kalibrierfaktor- der wahre Viskositätswert kann dadurch spürbar geringer sein..*

- **Ergebnisse**

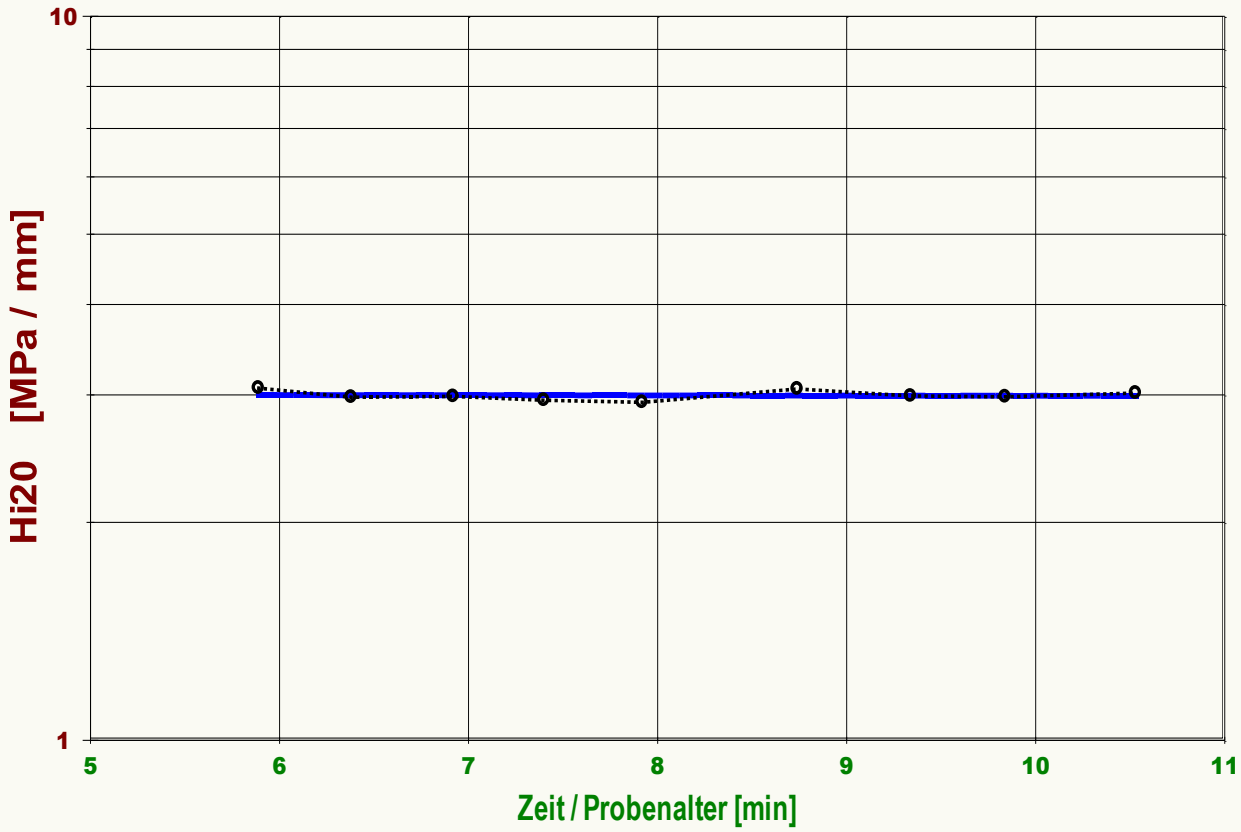
Härteangabe $H_{i20(b|v|d)}$: $H_{i20(0,692|0,502|1,59)}$ = 2,99 [MPa/mm]

'$Hi20_{(b|v|d)}$': der Index "(b|v|d)" steht für Indenterdurchmesser (b[mm]), Geschwindigkeit (v[mm/s]) und Eindringtiefe (d[mm]), wodurch das Ergebnis eindeutig beschrieben und mit anderen Messergebnissen entsprechender Indizierung unbedingt vergleichbar wird.

Zusammenfassung der Kennzahlen zu neun Messkurven:

Nachfolgende Angaben sind Mittelwerte, die durch absolute und relative Standardabweichung charakterisiert sind.

Härte	H_{i20}	2,99	±0,0448	[MPa/mm]	±1,5%
Steigung	Stg.	3,25	±0,0964	[N/mm³]	±3,0%
Arbeit	W	1,90	±0,0317	[mJ/mm³]	±1,7%
Leistung	P	0,673	±0,0168	[mW/mm³]	±2,5%
Geschw.	v_M	0,502	±3,33E-4	[mm/s]	±0,066%
Tiefe	$d_{Fmax.}$	1,59	±0,0253	[mm]	±1,6%
Viskosität	η	8,14E+5	±2600	[Pa·s]	±0,32%

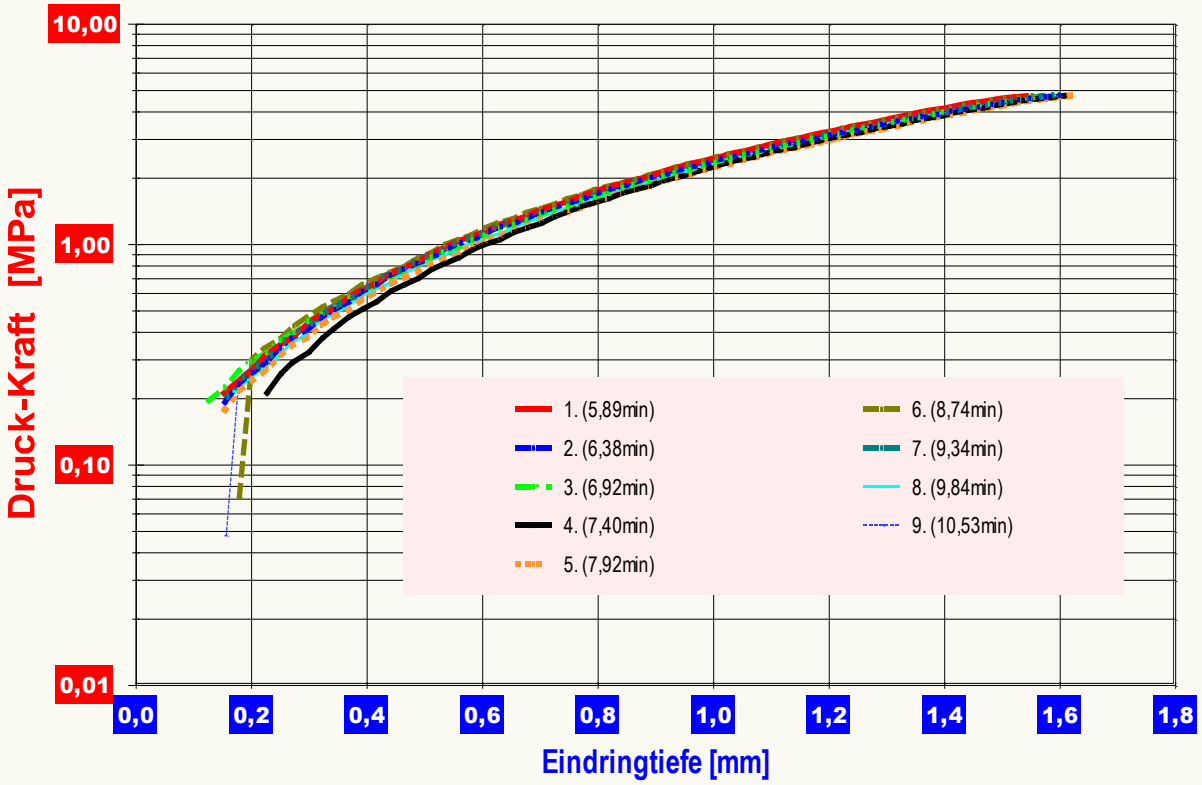


Das Diagramm "Härteverlauf" *zeigt die Messwerte in zeitlicher Projektion an. - Die neun Einzelwerte werden darin als Kreismarke angezeigt. Die eingezeichnete Linie gibt die Regressionsfunktion wieder. Dabei ist die Zeitgleichung ($H_{i20} = f(t) = 3{,}02 - 0{,}0119 \cdot \ln(t[min])$) für die Werte H_{i20}, zwischen 5,9 und 10,5 Minuten, von schlechter Qualität (r^2=0,003).*

Zusammenstellung grundlegender Daten zu den einzelnen Härtemesswerten, Tabelle 1:

N°	t	T	Pkte	sw	$d_{Fmax.}$	v_M	H_{i20}	η_{f2}
1.	5,9	19,04	59	0,024	1,541	0,502 ¨	3,06	8,10E+5
2.	6,4	19,17	61	0,024	1,598	0,502 ¨	2,98	8,16E+5
3.	6,9	19,14	62	0,024	1,598	0,502 ¨	2,99	8,18E+5
4.	7,4	19,15	58	0,025	1,606	0,502 ¨	2,95	8,12E+5
5.	7,9	19,16	62	0,024	1,619	0,503 ¨	2,93	8,11E+5
6.	8,7	19,18	58	0,024	1,551	0,502 ¨	3,06	8,13E+5
7.	9,3	19,22	60	0,024	1,587	0,502 ¨	2,99	8,14E+5
8.	9,8	19,25	60	0,024	1,590	0,502 ¨	2,98	8,13E+5
9.	10,5	19,25	60	0,024	1,578	0,502 ¨	3,02	8,16E+5

*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_{i20} [MPa/mm] angegeben - "IMETER-Härte nach Methode 20": Die H_{i20} 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 η_{f2} [Pa·s] zu berechnen. Der Index '$_{f2}$' deutet an, dass der Angabewert vom wahren Wert (nach oben) abweichen kann, indem 2 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 Eindringung ansteigt, desto härter ist die Probe. Die jeweils lokal und momentan auf die Nadelspitze wirkende Druckkraft wird in Abhängigkeit von der Eindringtiefe abgebildet. Alle Indentionen 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 Maximalwerte im Kurvenzug indizieren den Härtemesswert.*

Zusätzliche Daten, Tabelle 2:

N°	$d_{max.}$	F_e	F_{max}	$\%max_F$	Stg	$N_{\%<0}$	$N_{\%<½Stg}$	W	P
1.	1,541	1776,198	1776,198	96%	3,28 [1]	0%	10%	1,90	0,687
2.	1,598	1789,497	1789,497	97%	3,19 [1]	0%	5%	1,93	0,672
3.	1,598	1794,370	1794,370	97%	3,15 [1]	0%	10%	1,93	0,659
4.	1,606	1781,494	1781,494	97%	3,30 [1]	0%	3%	1,84	0,669
5.	1,619	1784,030	1784,030	97%	3,13 [1]	0%	6%	1,87	0,644
6.	1,551	1783,060	1783,060	97%	3,43 [1]	0%	7%	1,92	0,703
7.	1,587	1784,703	1784,703	97%	3,22 [1]	0%	8%	1,93	0,680
8.	1,590	1782,874	1782,874	97%	3,21 [1]	0%	10%	1,89	0,667
9.	1,578	1790,667	1790,667	97%	3,34 [1]	0%	5%	1,92	0,677

Tabellenerläuterung: $d_{max.}$ *[mm] bezeichenet den Endwert der Eindringtiefe, also die tiefste Eindringung; an dieser Stelle wird die Kraft* F_e *[mN] gemessen (=> η-Berechnung).* F_{max} *[mN] ist die größte aufgetretene Kraft (=> H_{i20}-Berechnung).* $\%max_F$ *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_{i20} 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,×" in Reihe zunehmender Varianz beigestellt; '×' bedeutet einen extrem unstetigen Kraftverlauf bei der Eindringung. Als zusätzliche Merkmale zur Klassifikation jeweiliger Penetrationskurven werdern mit* $N_{\%<0}$ *und* $N_{\%<½Stg}$ *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* $N_{\%<½Stg}$ *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/cm³] und* ***P*** *[W/cm³] wird die spezifische Penetrationsarbeit und -leistung angegeben - die bis* d_{Fmax} *berechnet wird.*

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: *Im Diagramm "Viskosität-Verlauf" werden die einzelnen Viskositätswerte in ihrem zeitlichen Verlauf abgebildet; Mittelwert und Standardabweichung werden darin dargestellt.*
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 (s²) 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 ±(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 134, 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 createtd by execution of the IMPro ***"unbekannte Härte"***, type 20/62. Automatic self-repetition of the IMPro - the 1. Repetition. Abbruch durch Benutzer bei ' 49.EINGABE: an bei'

.....

Prüfmittel

Das Wägesystem (WZ224-CW) wurde am Vortag dieser Messung von imeter justiert.
IMETER ID16405541: Systemdaten: Auflösung des Wägesystems 0,1 mg, Messunsicherheit*) 0,4 mg, Dichte der Justiermasse*) 8,000 g/cm³, Luftdichte*) 1,225 kg/m³; Umrechnungen von Masse nach Kraft mit dem Wert 9,81 m/sec² für die Fallbeschleunigung*). Die Messauflösung der Temperaturmessung beträgt 0,01 K, die Unsicherheit*) 0,03 K. Akquisitions-Softwareversion IMETER 4.1.80, LizenzN° *3037-4759*, Windows 5.1- Betriebssystem auf PC Ser.N°143431694 (C, iTop).
*): *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.

IMETER
Messtechnik - nachhaltig zusammengefasst

Intelligenter messen.

- *Feststoff- und Flüssigkeitsdichte, Ausdehungskoeffs.*
- *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

IMETER - Dienstleistungen:
www.imeter.de/adienstleistungen.html

Probieren Sie's einfach!