



Dichte und Dilatation einer Schwereflüssigkeit (Natriumpolywolframat)

Die Dichte von wässrigen Lösungen von Natriumpolywolframat kann Werte annehmen, dass kompaktes Aluminium darin schwimmt. Natriumpolywolframat sei zwar ungiftig - im Gegensatz zu vielen anderen Fluiden höherer Dichte - doch als empfindliche „Scheidungsflüssigkeit“ eignen sich Salzlösungen ohne Regelung eher weniger, da durch Verdunstung die Dichte ziemlich steil ansteigt. (imeter kann in solchen Anwendungen zur Regelung durch eine Dosiersteuerung eingerichtet werden.)

Die Prüfung wurde in einem Metallgefäß für Kleinmengen durchgeführt. So wurden lediglich 6mL Probe benötigt. Die Temperaturänderung kommt einfach durch den freien Abfall der Temperatur nach einer Erwärmung zustande.

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 (können bzw. müssen). Variabel sind nicht nur die Messdaten - sondern auch Umstände und Abläufe und die Eigenschaften der Normale. Dazu passend verfügt *imeter* einerseits über eine Modellersprache, um Mess- bzw. Steuerungsverfahren zu gestalten („was soll der Fall sein“) und andererseits über analytische Fähigkeiten, um zu bewerten, was der Fall ist und um darüber in Berichten Rückkopplung zu geben. - *imeter* befreit sehr viel kostbare Arbeitszeit, indem nicht nur das Messen/Steuern/Regeln sondern auch die beurteilungsreife Darstellung automatisiert ist.

Die Formatierungsvorgaben des Berichts bestimmen Art und Umfang der Informationsdarstellung. - Anhand eines vollständigen Berichts wird der Anwender (der Kunde oder wir) in die Lage versetzt, Plausibilität und Validität einer Messung detailliert zu überprüfen.

Der imeter-Prüfbericht auf den folgenden Seiten enthält also Elemente, wie automatische Erläuterungen, auf deren Ausgabe man in der Routine natürlich verzichtet (und die leider wortreich den Fluss der Informationen bzw. das Layout beeinträchtigen).

imeter/MSB, Augsburg am 11.05.06

Fluid Dichte & Dilatation

Titel: verdünnte Na-Polywolframatlösung
Bemerkung: 6mL Probe (gelben Lösung)
Ergebnis: $\rho_{25,00^\circ\text{C}} = 2,51437\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$, $\kappa = 56\cdot 10^{-6}\text{K}^{-1}$

Bericht

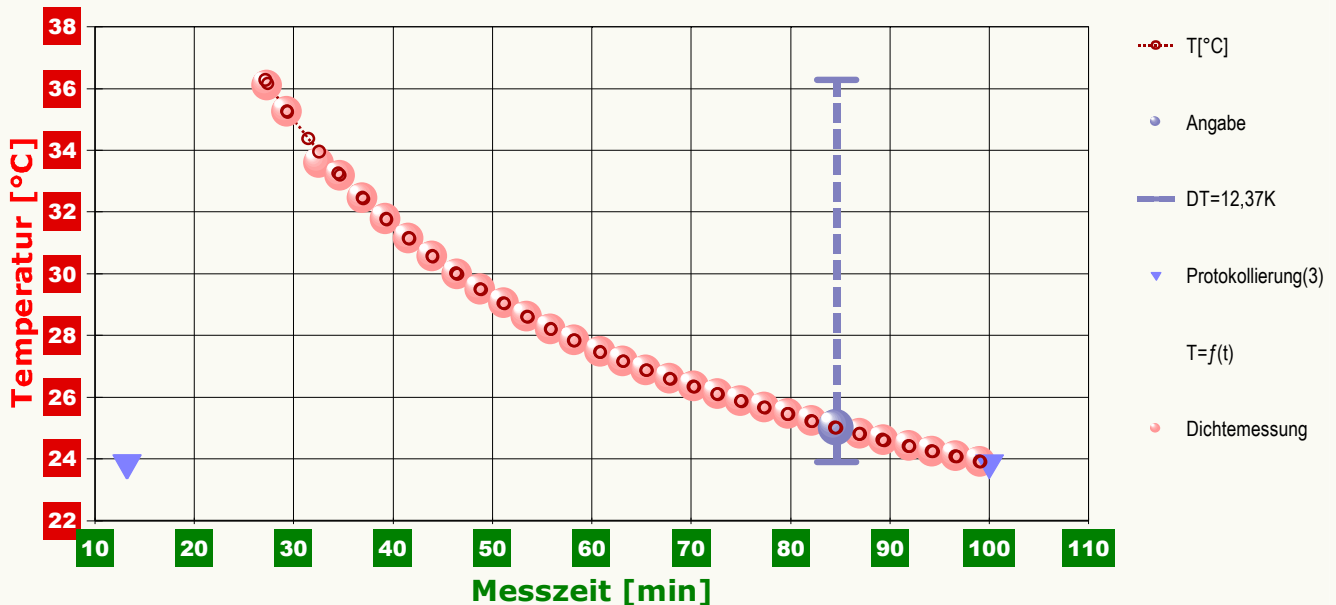
Hinweis: Die Aktivierung der Option "ERLÄUTERUNGSTEXTE", die für diese Berichtsausgabe eingestellt ist, bewirkt, dass der Bericht selbst und erklärungsbedürftige Elemente darin mit Erläuterungen versehen werden, Bearbeitungshinweise für den Anwender werden zusätzlich ausgegeben, außerdem wird auf ggf. unterdrückte Informationen hingewiesen. Die zugehörigen Erklärungen sind formatiert wie dieser Text.

• 31 Dichtemesswerte

Gesamte Dauer 1,6 Stunden. Es lag eine newtonisch deutlich lineare Temperaturabnahme von 36,09 auf 23,9°C vor.

Temperaturfunktion $T[^\circ\text{C}] = 22,9 + 34,26 \cdot e^{(t[\text{min}]/-29,76)}$ mit $r^2 = -0,9965$, $s^2 = 0,045$

Diagramm 'Temperaturprofil':



Im Diagramm "Temperaturprofil", oben, wird eine Übersicht zum zeitlichen Verlauf der Vorgänge und der jeweils aufgezeichneten Temperatur gezeigt. Die Grafik hat informativen Charakter - sie dient der Rückkopplung und Zusammenfassung. -- Zur 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 kugelförmigen Marken stehen für Zeitpunkt und Temperaturzuordnung von Auftriebsmesswerten.

• Ergebnisse

Akquisitionsperiode der 31 Messwerte im Messablauf: 27 bis 99min, Temperatur $\Delta T = -12,19\text{K}$

Angabewert: $\rho = 2,51437 \pm 0,000045\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$ (298,15K, 100,89kPa)

Streuung: $\pm 9,06\text{E-}5\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$ absolute bzw. 36ppm relative Standardabweichung

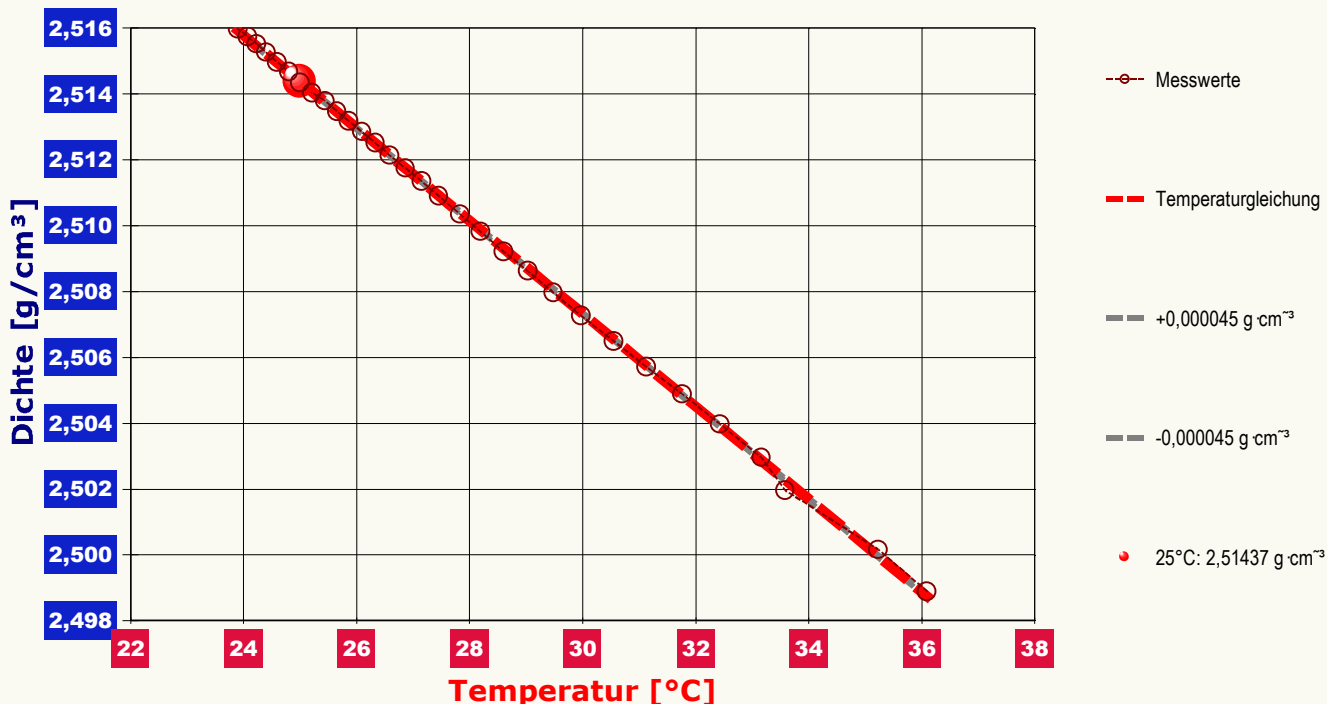
Berechnung: lineare Regressionsgleichung, eindeutig temperaturabhängig
Der Temperaturkoeffizient der Dichte mit $141 \pm 5 [10^{-5} \cdot \text{g} \cdot \text{cm}^{-3} \cdot \text{K}^{-1}]$ entspricht durchschnittlichen Werten im unteren Bereich, ebenso der Ausdehnungskoeffizient κ mit $56,1 \pm 2 [10^{-6} \cdot \text{K}^{-1}]$, die relative Änderung der Dichte mit der Temperatur beträgt $0,56\%$ pro Grad.

Temperaturgleichung zwischen 23,90 und 36,09 °C:

$$\rho(T) = 2,54959 - 140,884 \cdot T[^\circ\text{C}]/1\text{E5} \quad r^2 = 0,99967 \quad s^2 = 8,20\text{E-}9$$

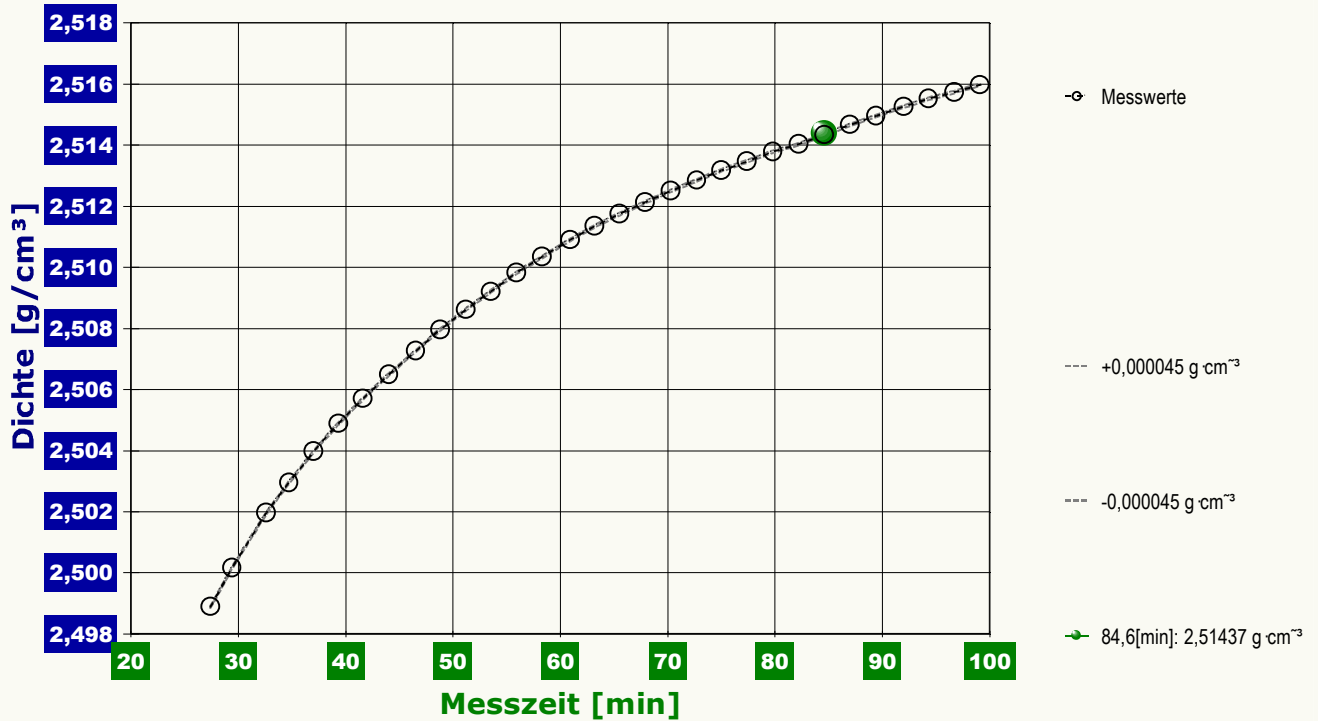
Das Ergebnis ρ der Dichtemessung wird mit der individuell berechneten Messunsicherheit angegeben (Einzelheiten dazu weiter unten) sowie die Temperatur in Kelvin und der anzugebende Druck (bei 50%r.H.) in Kilopascal. Dass die Messunsicherheit größer ist, als die Standardabweichung (Streuung), die im Bezug auf die Auswertemethode (lineare Regressionsgleichung) berechnet ist, zeigt **Klärungsbedarf** an!! Die Messdaten werden automatisch analysiert. Ergebnis und ermittelte Zusammenhänge stellen Vorschläge dar, wobei aus den Daten evtl. auch andere Zusammenhänge gewonnen werden könnten. - Aus der Abwägung der Einflüsse werden formale Zusammenhänge für die Bewertung ermittelt und auch 'Qualitätsangaben' erzeugt. Der 'normale Bereich' Temperaturkoeffizient der Dichte reicht etwa von 130 bis 300 $10^{-5} \cdot \text{g} \cdot \text{cm}^{-3} \cdot \text{K}^{-1}$. BEARBEITUNGSHINWEIS: Die Interpretation des Temperaturkoeffizienten erfolgt, um einen Eindruck von dieser, eher unbekanntem Größe zu geben. Der Vergleich zum 'Normal' wird über Mittelwert (215) und die Standardabweichung (± 085) der in der Referenzdatenbank gespeicherten Flüssigkeitsdaten hergestellt. Die Güte der angegebenen Gleichung wird durch den Korrelationskoeffizienten (r^2 , der 'ziemlich gut' ist) und die Varianz (s^2) der Messwerte gegen die Gleichung qualifiziert.

Diagramm 'Dichte-Temperaturverlauf':



Das Diagramm, "Dichte-Temperaturverlauf", oben, zeigt die 31 Dichtemesswerte als Kreissymbol in Temperaturabhängigkeit an. Es werden Messwerte bzw. der Angabewert mit einem Bereich der Unsicherheit in Form einer gestrichelten Linie eingefasst. Je nach Vorhandensein wird der Verlauf der Regressionsfunktion zu den Messwerten gezeigt, entsprechende Referenzwerte bzw. der Stoff mit der besten Übereinstimmung.

Diagramm 'zeitliche Entwicklung':



Im Diagramm, "zeitliche Entwicklung", oben, sind die einzelnen Messwerte als Kreissymbole in zeitlicher Sequenz abgebildet. Um die Ausgleichsfunktion bzw. die Messwerte ist der Unsicherheitsbereich eingezeichnet.

• Datentabelle

Die nachfolgende Aufstellung gibt die Daten zu den Einzelergebnissen an.

N°	t[min]	T[°C]	ρ [g·cm ⁻³]	$\Delta\rho$ [g·cm ⁻³]	W[g]	ΔW [g]	Δt [s]	N
1.	27,4	36,09	2,498896	0,000082	114,0061	-0,0018	11,6	11
2.	29,4	35,23	2,500165	-0,000008	113,9847	0,0001	2,3	3
3.	32,6	33,58	2,501968	0,000471	113,9544	-0,0100	62,7	18
4.	34,7	33,16	2,502960	0,000042	113,9378	-0,0009	8,4	8
5.	37,0	32,43	2,503972	-0,000001	113,9209	-	2,1	2
6.	39,3	31,76	2,504890	0,000000	113,9055	-	1,2	2
7.	41,6	31,13	2,505708	-0,000001	113,8919	-	1,2	2
8.	44,0	30,55	2,506493	-0,000001	113,8787	-	2,2	2
9.	46,5	29,97	2,507266	0,000013	113,8658	-0,0003	5,7	5
10.	48,8	29,48	2,507968	-0,000007	113,8539	0,0001	2,4	3
11.	51,2	29,03	2,508625	-0,000002	113,8428	-	1,2	2
12.	53,5	28,60	2,509211	0,000000	113,8330	-	1,2	2
13.	55,9	28,19	2,509828	-0,000001	113,8225	-	1,2	2
14.	58,3	27,83	2,510349	0,000000	113,8138	-	1,2	2
15.	60,9	27,45	2,510904	-0,000005	113,8044	0,0001	2,5	3
16.	63,2	27,15	2,511354	0,000000	113,7967	-	1,3	2
17.	65,5	26,86	2,511750	0,000000	113,7901	-	1,3	2
18.	67,9	26,58	2,512138	-0,000005	113,7836	0,0001	2,5	3
19.	70,3	26,33	2,512511	-0,000004	113,7773	0,0001	3,5	3
20.	72,7	26,09	2,512856	0,000000	113,7714	-	1,3	2
21.	75,0	25,86	2,513181	-0,000002	113,7659	-	1,3	2
22.	77,4	25,65	2,513472	-0,000002	113,7610	-	1,3	2
23.	79,8	25,44	2,513792	-0,000005	113,7556	0,0001	2,7	3
24.	82,2	25,21	2,514038	-0,000005	113,7517	0,0001	2,7	3
25.	84,6	25,00	2,514346	-0,000010	113,7465	0,0002	3,7	3
26.	87,0	24,80	2,514678	-0,000005	113,7407	0,0001	2,8	3
27.	89,4	24,59	2,514968	-0,000007	113,7359	0,0001	6,7	5
28.	92,0	24,40	2,515269	-0,000005	113,7308	0,0001	2,9	3
29.	94,3	24,23	2,515522	-0,000010	113,7265	0,0002	3,9	3
30.	96,7	24,07	2,515741	-0,000011	113,7228	0,0002	4,6	4
31.	99,1	23,90	2,515981	-0,000007	113,7187	0,0001	3,1	3

In der Tabelle gibt die Spalte 't' den Zeitpunkt des Messwertes, 'T', die Temperatur und 'ρ' den Dichtewert an. - In der Aufstellung werden auch diagnostische Daten ausgegeben: In der Kolonne 'Δρ' wird ggf. die Änderung der Dichte während der Akquisitionszeit des Messwertes wiedergegeben; mit 'Δt' wird die Messdauer der jeweiligen Beobachtung bezeichnet. Mit 'W' wird der Wäge-Endwert wiedergegeben - in der Dokumentation entspricht er dem Wert 'W2' an welchem für 'W2' Korrekturen (Meniskus) vorgenommen werden. Die Rubrik 'ΔW', gibt die zuvor eingetretene Änderung des Wägewertes wieder. Mit 'N' wird die Zahl der dabei aufgezeichneten Wägewerte angegeben. BEARBEITUNGSHINWEIS: Je nach 'Dokumentationszweck' kann die Stabilisier- oder Beobachtungsdauer, das Abklingen dynamischer Veränderungen anzeigen (Wärmeaustausch), die Stabilität des Messwertes dokumentieren, bzw. Störungen anzeigen. Im Normalfall, jedoch, deutet eine längere Spanne mit entsprechendem Δρ Probleme an, etwa, dass ein Wandkontakt auftritt, dass Strömungen wirken oder der Temperaturgradient zu groß ist und sich der Auftrieb spürbar ändert.

• Messkörper

Eingesetzter Messkörper 'MessingZylinder', Masse $161,206 \pm 0,0001\text{g}$, Volumen^(25°C) $18,88241 \pm 0,0005\text{cm}^3$, kubischer Ausdehnungskoeffizient $61 \cdot 10^{-6}\text{K}^{-1}$, Kompressionsmodul 0GPa <oder nicht gesetzt>. Die Druckangabe, die zur Vervollständigung des Ergebnisses oben angegeben ist, wird aus der Luftdichte bei der Angabetemperatur ermittelt (p_L (r.H.50%) = 100kPa) und aus dem hydrostatische Druck ($p_H = 0,89\text{kPa}$) der auf den Messkörper in der Eintauchtiefe von 36mm im Mittel wirkt.

• Messunsicherheit

Die Messauflösung der Wägeeinheit (0,1mg) erlaubt mit dem Messkörper und bei der Fluidichte die maximale Auflösung zu $0,00002\text{g/cm}^3$ (0,80ppm), die für die Messung angegebene Messunsicherheit der Wägung ($\pm 0,5\text{mg}$) bedeutet messkörperbezogen $\pm 1,0 \cdot 10^{-5}\text{g/cm}^3$. Die Fehlerfortpflanzung der Messkörperdaten ergibt eine Unsicherheit von $\pm 1,2 \cdot 10^{-5}\text{g/cm}^3$. Entscheidend ist jedoch die Unsicherheit durch die Temperaturmessung: Bezogen auf die Dichte und Wärmedehnung von Na-Polywolframatlösung, wie in dieser Messung bestimmt, erlaubt die Messauflösung des Temperatursensors (0,01K) die Auflösung der Dichte zu $\pm 1,4 \cdot 10^{-5}\text{g/cm}^3$ anzugeben. Die einschränkend vorgegebene Unsicherheit der Temperaturmessung ($\pm 0,03\text{K}$) bedeutet demnach eine Unsicherheit von $\pm 4,2 \cdot 10^{-5}\text{g/cm}^3$. Insgesamt wird somit die Messunsicherheit der Dichtemessung zu $\pm 4,5 \cdot 10^{-5}\text{g/cm}^3$ bestimmt.

• Technisches Verfahren

Anwendung der Korrekturmethode; Berichtigung der Auftriebsmesswerte durch die Aufhängungs- bzw. Meniskusangabe von 0,3mg im Datenblatt.

Anhand des dokumentierten Verfahrens, des Temperaturgangs, der Ausgabe der Tabelle, der Messkörperdaten sowie der evaluierten Unsicherheiten (insbesondere derer, die erst durch den Temperaturgang des Messgegenstand offenbar werden) werden in diesem Bericht Informationen ausgegeben, die die Überprüfung der Einzelwerte und Schlussfolgerungen ermöglichen. Ergebnisse in prinzipiell höherer Qualität zu erhalten, ist schlicht undenkbar.

• Meldungen

Vorsicht, der statische Korrekturbetrag (Meniskusangabe) wird als Konstante und ohne Fehlerbudget behandelt. Bei längeren Messungen, wie in diesem Fall, wird die Gültigkeit oder Stabilität der Korrektur fraglich. Die Methode der Meniskuseliminierung einzusetzen, ist für gleichermaßen lange währende Messungen unbedingt anzuempfehlen.

'Meldungen': treten Sonderfälle auf, die sich mit der Auswertung herausstellen, werden diese von der Software detektiert und hier zur Rückkopplung ausgegeben. Die Hinweise dienen zur Abstimmung und Korrektur der Abläufe und Angaben bzw. 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 "Checkboxes" (unter der Registerkarte "Optionen") bewirken.

Nicht angezeigte Charts: Das Chart Nr.4 zur Referenzabweichung kann nicht angezeigt werden. Die Darstellbarkeit der temperaturkompensierten Abweichung der einzelnen Messwerte zu Referenzwertwerten, setzt voraus, dass ein Referenzstoff "Na-Polywolframatlösung" in der Datenbank vorhanden ist oder - durch Aktivierung der Vergleichsoptionen - die automatische Ermittlung ggf. ähnlicher Stoffe ermöglicht wird. So können Trends, die bei Temperaturänderung sonst kaum sichtbar werden oder auch Unterschiede in der Wärmedehnung erkannt werden.

Berichtseinstellungen - aktivierte Ausgabeinstellungen: Erläuterungstexte, Detaillierte Ergebnisse, Allgemeine Angaben, Vergleichsanalyse, Bearbeitungshinweise, formatierte Tabellen, Berichtseinstellungen.

Beschränkte Informationsausgabe durch negierte Optionen: Datenbankvorschläge anzeigen, Audit-Trail, Prüfmittelüberwachung, Online-Protokoll, Status und Ausführungshinweise, Authentifizierungen werden nicht angezeigt.

Form und Informationsfülle des Prüfberichts ist dadurch bedingt, dass Messdaten durch die zahlreiche Messstadien sehr vielgestaltig auftreten können. Die Variablen der Messung müssen vollständig dargestellt werden können und so verifizierbar sein. Vollständigkeit ist Voraussetzung für die Überprüfbarkeit und Haltbarkeit der Resultate sowie abgeleiteter Schlüsse (z.B. cfr.11/21 etc.), zusammen mit schlicht zeitökonomischen Erwägungen, dynamisch aus Metadaten erzeugt und benötigen daher sehr wenig Speicherplatz. Die Ausgabeoptionen auf das Wesentliche gekürzt werden. Das ganze 'File' 212, Datenbank (meter-Beispiele) auffindbar und als Referenz oder Vergleichsvorlage (Stil = 'standard-i2'), verschiedenen detaillierte Audit-Trail und Hinweise zur Prüfmittelüberwachung.

Der automatische Bericht zeigt und interpretiert eine Datenlage – als Folge dessen, was in einer Messung geschieht und offenbart, wie Probe und Umstände interagieren. – Die Messung ist ein Vorgang dessen Ablauf und Randbedingungen in einem Messprogramm formuliert sind. Ein Unterschied zum klassischen Messen besteht darin, dass es nicht um Messwerte geht, sondern, was Messwerte zeigen sollen. (z.B. Identität, Ähnlichkeit, Reinheit, Temperatur-, Zeit-, Konzentrationseinflüsse...) Darum ging es immer schon; nur jetzt tut dies - imeter - ein Automat. Dass die Messtechnik extrem genau und unbeschränkt ist, hilft, – und auch die Ergebnisanzeige in Echtzeit.

FDA werden parallel und immer nach den

0212>