

DIN 51757**DIN**

ICS 75.080

Ersatz für
DIN 51757:1994-04**Prüfung von Mineralölen und verwandten Stoffen –
Bestimmung der Dichte**Testing of mineral oils and related materials –
Determination of densityEssais des huiles minérales et produits connexes –
Détermination de la masse volumique

Gesamtumfang 35 Seiten

Normenausschuss Materialprüfung (NMP) im DIN
Fachausschuss Mineralöl- und Brennstoffnormung (FAM) des NMP

Inhalt

	Seite
Vorwort	3
1 Anwendungsbereich	4
2 Normative Verweisungen	4
3 Allgemeine Grundlagen und Einheiten	5
4 Bezeichnung	8
5 Bestimmungsverfahren	8
6 Umrechnungen	9
Anhang A (normativ) Rechenverfahren und Tabellenwerke für die Mineralölgruppen A, B, C, D, X und Y	13
Anhang B (normativ) Gleichungen für die Umrechnung der gemessenen Dichte ρ_t bei der Temperatur t auf die Dichte bei 15 °C, ρ_{15}, sowie für die Errechnung der Volumenkorrekturfaktoren β_t und β_{XX}	14
Anhang C (normativ) Dichte- und Temperaturgrenzen	19
Anhang D (normativ) Prüfbeispiele für die Rechenverfahren	21
Anhang E (normativ) Interpolation bei der Anwendung gedruckter Tabellen aus den „Petroleum Measurement Tables“	23
Anhang F (normativ) Rechenverfahren 53 X	26
Anhang G (normativ) Rechenverfahren 54 X	28
Anhang H (normativ) Rechenverfahren 54 Y	29
Anhang I (normativ) Anwendungsbereich	33
Anhang J (normativ) Hinweise auf ein Rechenprogramm zur Mengenermittlung und Dichte-Umrechnung	34
Literaturhinweise	35
Tabellen	
Tabelle 1 — Angaben zu Begriffen, Kenngrößen, Formelzeichen und Einheiten	5
Tabelle A.1 — Übersicht	13
Tabelle B.1 — Produktspezifische Konstanten K0 und K1 (abhängig von Dichten, gerundet auf 0,1 kg/m³)	15
Tabelle B.2 — Dichteabhängige Konstanten P1 bis P4	16
Tabelle B.3 — Charakterisierung von chemisch reinen Stoffen	17
Tabelle C.1 — Dichte- und Temperaturgrenzen	20
Tabelle D.1 — Beispiele für die Ermittlung der Dichte bei 15 °C in kg/m³	21
Tabelle D.2 — Beispiel für die Umrechnung der Dichte bei 15 °C in eine Dichte bei 20 °C	21
Tabelle D.3 — Beispiele für die Ermittlung des Volumenkorrekturfaktors β_t	22
Tabelle F.1 — Dichteabhängige Konstanten P1 bis P4	27
Tabelle H.1 — Gerundete Messwerte, ermittelt nach Schritt 1	30
Tabelle H.2 — Ergebnisse, ermittelt nach Schritt 2	31
Tabelle I.1 — Übersicht	33

Vorwort

Dieses Dokument wurde vom NA 062-06-42 AA „Prüfung von flüssigen Kraftstoffen und Heizölen“ im Fachausschuss Mineralöl- und Brennstoffnormung (FAM) des Normenausschusses Materialprüfung (NMP) ausgearbeitet.

Dieses Dokument ist hinsichtlich der in Abschnitt 6 erläuterten Rechenverfahren mit Bezug auf die Normen ASTM D 1250-80 und API STD 2540:1982 entwickelt worden, wobei DIN 51757 Modifizierungen enthält, da einige zusätzliche bzw. spezifische nationale Anforderungen (z. B. Stoffe, Dichtebereiche, Temperaturgrenzen) berücksichtigt werden mussten (siehe dazu auch Anhang A sowie Beiblatt 1 zu dieser Norm). Ein Teil dieser Modifizierungen ist inzwischen von ASTM sowie von API berücksichtigt worden.

In den aktuellen Fassungen von ASTM D 1250 und API STD 2540 gibt es gegenüber den Ausgaben von 1980 weitere Änderungen. Diese wurden in dem vorliegenden Dokument nicht realisiert, da deren praktische Auswirkungen so gering sind, dass nichts dafür spricht, die bisher bewährten einheitlichen nationalen Regeln aufzugeben.

Änderungen

Gegenüber DIN 51757:1994-04 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) die Textabschnitte zur Dichtemessung wurden durch Verweise auf die jeweiligen Normen ersetzt;
- b) die Messung mit der hydrostatischen Wägung wurde gestrichen;
- c) es wurde ein Abgleich mit DIN 51650 vorgenommen;
- d) erweiterte Angaben mit Bezug auf die im Markt befindlichen Biokomponenten wurden aufgenommen.

Frühere Ausgaben

DIN DVM 3653 = DIN 53653: 1932-11, 1936-02

DIN 51757: 1955x-06, 1969-05, 1971-06, 1984-01, 1994-04

1 Anwendungsbereich

Dieses Dokument legt für Mineralöle und verwandte Stoffe Verfahren zur Umrechnung der Messwerte auf die Dichte bei Standardtemperatur (15 °C), zur Umrechnung der Dichte bei Standardtemperatur auf eine Dichte bei einer anderen Temperatur („Referenztemperatur“) sowie Verfahren zur Berechnung des Volumenkorrekturfaktors, β_t , fest. Ebenso werden die anzuwendenden Verfahren zur Messung der Dichte angegeben.

Die Dichte dient zur Berechnung der Masse eines gegebenen Volumens des zu prüfenden Stoffes sowie zur Kennzeichnung eines Erzeugnisses. Die beschriebenen Umrechnungen sind dann erforderlich, wenn die Dichte bei einer anderen Temperatur als der geforderten Temperatur gemessen wurde. Die Dichtebestimmung bei der geforderten Temperatur ist einer Umrechnung — wegen einer geringeren Fehlerfortpflanzung — vorzuziehen.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden zitierten Dokumente sind für die Anwendung dieses Dokuments erforderlich. Bei datierten Verweisungen gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen).

DIN 1305, *Masse, Wägewert, Kraft, Gewichtskraft, Gewicht, Last — Begriffe*

DIN 51650, *Prüfung von Mineralölen und verwandten Produkten — Mengenermittlung*

DIN EN ISO 3675:1999-11, *Rohöl und flüssige Mineralölerzeugnisse — Bestimmung der Dichte im Labor — Aräometer-Verfahren (ISO 3675:1998); Deutsche Fassung EN ISO 3675:1998*

DIN EN ISO 3838:2004-09, *Rohöl und flüssige oder feste Mineralölerzeugnisse — Bestimmung der Dichte oder der relativen Dichte — Verfahren mittels Pyknometer mit Kapillarstopfen und Bikapillar-Pyknometer mit Skale (ISO 3838:2004); Deutsche Fassung EN ISO 3838:2004*

DIN EN ISO 3993:1995-11, *Flüssiggas und leichte Kohlenwasserstoffe — Bestimmung der Dichte oder der relativen Dichte — Verfahren mittels Druck-Aräometer (ISO 3993:1984); Deutsche Fassung EN ISO 3993:1995*

DIN EN ISO 12185:1997-11, *Rohöl und Mineralölerzeugnisse — Bestimmung der Dichte — U-Rohr-Oszillationsverfahren (ISO 12185:1996); Deutsche Fassung EN ISO 12185:1996*

ASTM D 1250-80¹⁾, *Standard Guide for Petroleum Measurement Tables (Vol. VII, VIII, IX, X)*

API STD 2540:1982²⁾ *Manual of Petroleum Measurement Standards, (Vol. XIV)*

1) Zu beziehen durch: ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, PO Box C700, West Conshohocken, PA, 19428-2959 USA

2) Zu beziehen durch: API, 1220 L Street, NW, Washington, DC 20005-4070, USA

3 Allgemeine Grundlagen und Einheiten

3.1 Allgemeines

Die nachfolgende Tabelle 1 enthält für diese Norm relevante Begriffe und Kenngrößen mit den zugehörigen Formelzeichen, Einheiten und Erläuterungen. Für weitere Definitionen siehe die nachfolgenden Unterabschnitte.

Tabelle 1 — Angaben zu Begriffen, Kenngrößen, Formelzeichen und Einheiten

Begriffe/Kenngrößen	Formelzeichen	Einheit	Erläuterung
Masse	m	kg	siehe auch DIN 1305
Wägewert	W	kg	siehe auch DIN 1305
Volumen	V	m ³	1 m ³ = 1 000 Liter
Volumen bei Warentemperatur t	V_t	m ³	1 m ³ = 1 000 Liter
Warentemperatur	t	°C	
Dichte	ρ	kg/m ³	
Dichte bei Prüftemperatur t'	$\rho_{t'}$	kg/m ³	
Spindelwert bei Prüftemperatur t'	$\rho'_{t'}$	kg/m ³	Messwert bei Prüftemperatur nach DIN EN ISO 3675
Prüftemperatur	t'	°C	
Volumenkorrekturfaktor („VCF“) A	β_t	–	für die Umrechnung von der Warentemperatur auf 15 °C
Volumenkorrekturfaktor („VCF“) B	β_{xx}	–	für die Umrechnung von 15 °C auf die Referenztemperatur
Volumen bei Standardtemperatur (15 °C)	V_{15}	m ³	1 m ³ = 1 000 Liter
Dichte bei Standardtemperatur (15 °C)	ρ_{15}	kg/m ³	auch „D15“ genannt
Referenztemperatur	t_{xx}	°C	eine für Abrechnungszwecke besonders vereinbarte, von 15 °C abweichende Warentemperatur (Format xxx,x °C)
Volumen bei Referenztemperatur	V_{xx}	m ³	1 m ³ = 1 000 Liter
Dichte bei Referenztemperatur	ρ_{xx}	kg/m ³	auch „Dxx“ genannt

3.2 Dichte

Die Dichte ρ_t eines Stoffes bei der Temperatur t ist der Quotient aus seiner Masse m und seinem Volumen V_t bei dieser Temperatur (siehe Gleichung 1). Daher ist zusammen mit der Dichte immer auch die zugehörige Temperatur anzugeben.

$$\rho_t = \frac{m}{V_t} \quad (1)$$

3.3 Bezugstemperatur, Standardtemperatur und Referenztemperatur

Als Bezugstemperatur für die Dichte von Mineralölen und verwandten Stoffen wird vorwiegend die Standardtemperatur 15 °C verwendet (siehe auch 4.4). Eine von 15 °C abweichende Bezugstemperatur wird Referenztemperatur t_{xx} genannt.

3.4 Volumen

Das Volumen wird in dieser Norm in der Einheit m³ angegeben (1 m³ = 1 000 Liter).

3.5 Masse

Das Produkt aus der bei einer bestimmten Temperatur t ermittelten Dichte ρ_t und dem Volumen V_t des Stoffes bei der gleichen Temperatur ergibt die Masse des Stoffes (siehe Gleichung 2).

$$m = V_t \cdot \rho_t \quad (2)$$

Die Masse m eines Stoffes ist eine von allen äußeren Bedingungen, wie z. B. dem Luftauftrieb und der ortsabhängigen Fallbeschleunigung, unabhängige Größe. Sie kann auch durch Wägen und nachfolgende Berechnung aus dem Wägewert W nach Gleichung (3) bestimmt werden und wird im Regelfall in kg angegeben.

$$m = W \cdot \frac{\rho_t \cdot (\rho_G - \rho_L)}{\rho_G \cdot (\rho_t - \rho_L)} \quad (3)$$

Dabei ist

m die Masse *eines* Stoffes in kg;

W der Wägewert in kg;

ρ_t die Dichte des Stoffes bei der Temperatur t , angegeben in kg/m³;

ρ_G die Dichte der Gewichtsstücke in kg/m³, die international auf 8 000 kg/m³ festgelegt wurde (Standardbedingungen nach DIN 1305);

ρ_L die Dichte der Luft in kg/m³, die in ausreichender Näherung 1,2 kg/m³ beträgt (Standardbedingungen nach DIN 1305).

3.6 Wägewert

Im amtlichen wie im geschäftlichen Verkehr bildet vorwiegend nicht die Masse m , sondern der Wägewert W die Grundlage für Abrechnungen in kg.

Der Wägewert W ist das Ergebnis einer Wägung ohne Korrektur des Luftauftriebes des Wägegutes und ohne Korrektur des Luftauftriebes der Gewichtsstücke (siehe DIN 1305). Eine andere Benennung hierfür ist „Gewicht in Luft“ (im täglichen Gebrauch auch kurz „Gewicht“ genannt; im internationalen Gebrauch „weight in air“).

Für die Berechnung des Wägewertes W gilt zunächst Gleichung (4). Eine näherungsweise Berechnung kann nach Gleichung (5) erfolgen. Für die tägliche Praxis ist Gleichung (6) anzuwenden.

$$W = V_t \cdot \frac{\rho_G \cdot (\rho_t - \rho_L)}{\rho_G - \rho_L} \quad (4)$$

Dabei ist

W der Wägewert in kg;

ρ_t die Dichte des Stoffes bei der Temperatur t , angegeben in kg/m³;

ρ_G die Dichte der Gewichtsstücke in kg/m³, die international auf 8 000 kg/m³ festgelegt wurde (Standardbedingungen nach DIN 1305);

ρ_L die Dichte der Luft in kg/m³, die in ausreichender Näherung 1,2 kg/m³ beträgt (Standardbedingungen nach DIN 1305);

V_t das Volumen, angegeben in m³, bei der Temperatur t .

$$W = V_t \left[\rho_t - \rho_L \left(1 - \frac{\rho_t}{\rho_G} \right) \right] \quad (5)$$

Daraus ergibt sich mit weiteren Vereinfachungen (siehe auch DIN 51650) für eine Temperatur von 15 °C Gleichung (6):

$$W = V_{15} \cdot (\rho_{15} - 1,1) \quad (6)$$

Dabei ist

1,1 die Korrektur für den Luftauftrieb in kg/m³, welche sich für Mineralöle und verwandte Produkte mit ausreichender Näherung aus Gleichung (7) ergibt:

$$\rho_L \cdot \left(1 - \frac{\rho_t}{\rho_G} \right) \approx 1,1 \text{ kg/m}^3 \quad (7)$$

3.7 Volumenkorrekturfaktor

Es gibt zwei Volumenkorrekturfaktoren, oft auch mit „VCF“ abgekürzt, die je nach Rechenziel unterschiedlich anzuwenden sind. Der Grund dafür liegt darin, dass bei der Umrechnung eines Volumens bzw. einer Dichte von einer Ausgangstemperatur auf eine andere Zieltemperatur immer der Weg über die Standardtemperatur genommen werden muss:

- Der Volumenkorrekturfaktor („VCF“) A (Formelzeichen β_t) ist der Quotient aus dem Produktvolumen bei der Standardtemperatur (15 °C) und dem Volumen bei der Warentemperatur. Der („VCF“) A wird benutzt, um das Volumen bzw. die Dichte bei einer Warentemperatur t auf das Volumen bzw. auf die Dichte bei Standardtemperatur (15 °C) umzurechnen.
- Der Volumenkorrekturfaktor („VCF“) B, (Formelzeichen β_{xx}) ist der Quotient aus dem Produktvolumen bei der Standardtemperatur (15 °C) und dem Volumen bei der Referenztemperatur (siehe 3.3). Der („VCF“) B wird benutzt, um das Volumen bzw. die Dichte bei Standardtemperatur (15 °C) auf das Volumen bzw. auf die Dichte bei einer Referenztemperatur t_{xx} umzurechnen. Numerisch ist β_{xx} der Kehrwert von β_t .

3.8 Einheit

Die Dichte wird in der Einheit kg/m³ angegeben. Der Volumenkorrekturfaktor wird auf 4 Nachkommastellen gerundet angegeben.

4 Bezeichnung

4.1 Allgemeines

Die Dichte nach dieser Norm wird unter Hinweis auf das angewendete Bestimmungsverfahren und die zur Umrechnung auf die Referenz- oder Standardtemperatur benutzten Rechenverfahren und Mineralölgruppe bezeichnet.

4.2 Bezeichnung des Bestimmungsverfahrens in der Dichteangabe

- mit einem Aräometer: Verfahren 1, „V1“;
- mit einem Pyknometer: Verfahren 2, „V2“;
- mit einem Schwingungsmessgerät: Verfahren 3, „V3“;
- mit einem Flüssiggas-Aräometer: Verfahren 4, „V4“.

4.3 Kennzeichnung der Mineralölgruppe in der Dichteangabe

Angaben über die Zuordnung der Stoffe und Produkte zu den Mineralölgruppen sind in Anhang I aufgeführt.

4.4 Angabe der Temperatur

Zusammen mit der Dichte ist immer die zugehörige Temperatur anzugeben.

ANMERKUNG Im Regelfall wird im Mineralölbereich die Dichte bei der Standardtemperatur (15 °C) gefordert.

5 Bestimmungsverfahren

5.1 Allgemeines

Bezüglich der Probenahme sind die Angaben in den jeweiligen Bestimmungsverfahren zu befolgen.

Die nachfolgend angegebenen Bestimmungsnormen beinhalten bereits teilweise Angaben für die Umrechnung der Dichte auf andere Temperaturen. Sie beinhalten jedoch nicht in allen Fällen klare und eindeutige Angaben zur Auswahl der jeweils zu wählenden Mineralölgruppe. Bei der Anwendung der vorliegenden Norm ist daher besonders darauf zu achten, dass zur Vermeidung von mehrfachen oder fehlerhaften Umrechnungen wie im Folgenden beschrieben, vorgegangen wird.

5.2 Bestimmung der Dichte mit dem Aräometer (Verfahren 1, „V1“)

Für die Bestimmung ist DIN EN ISO 3675 anzuwenden. Für die weitere Umrechnung nach Abschnitt 6 dieses Dokuments ist die „korrigierte Aräometerablesung“ nach DIN EN ISO 3675:1999-11, 11.3, zusammen mit der Messtemperatur zu verwenden. Falls das benutzte Aräometer bei einer anderen Temperatur als 15 °C kalibriert wurde, ist die Ablesung vorher nach DIN EN ISO 3675:1999-11, Anhang A, für die weitere Rechnung zu korrigieren.

ANMERKUNG Im angelsächsischen Sprachraum wird statt „Aräometer“ die Bezeichnung „Hydrometer“ verwendet.

5.3 Bestimmung der Dichte mit dem Pyknometer (Verfahren 2, „V2“)

Für die Bestimmung ist DIN EN ISO 3838 anzuwenden. Für die weitere Umrechnung nach Abschnitt 6 dieses Dokuments ist die nach DIN EN ISO 3838:2004-09, 10.4, ermittelte Dichte ρ_t^1 zusammen mit der Mess-temperatur zu verwenden.

5.4 Bestimmung der Dichte mit Schwingungsmessgeräten (Verfahren 3, „V3“)

Für die Bestimmung ist DIN EN ISO 12185 anzuwenden. Für die weitere Umrechnung nach Abschnitt 6 dieses Dokuments ist die nach DIN EN ISO 12185:1997-11, 12.1, ermittelte Dichte zusammen mit der Mess-temperatur zu verwenden.

5.5 Bestimmung der Dichte von Flüssiggasen und leichten Kohlenwasserstoffen mit Flüssiggas-Aräometern (Verfahren 4, „V4“)

Für die Bestimmung ist DIN EN ISO 3993 anzuwenden. Für die weitere Umrechnung nach Abschnitt 6 dieses Dokuments ist das Messergebnis nach DIN EN ISO 3993:1995-11, 8.3, zusammen mit der Messtemperatur zu verwenden.

6 Umrechnungen

6.1 Allgemeine Vorschriften

6.1.1 Die Berechnung der Dichte ρ_{15} aus einer Dichte bei Prüftemperatur ρ_t bzw. aus einem Spindelwert bei Prüftemperatur ρ'_t erfolgt nach 6.2. Die Berechnung der Dichte bei Referenztemperatur ρ_{xx} aus einer Dichte ρ_{15} erfolgt nach 6.3. Das Verfahren zur Umrechnung der Dichte mit einer beliebigen Temperatur in eine Dichte mit einer anderen beliebigen Temperatur ist in 6.4 festgelegt.

Die Berechnung des Volumenkorrekturfaktors β_t wie auch des Volumenkorrekturfaktors β_{xx} erfolgt nach 6.5.

6.1.2 Rechengrundlagen

Grundlage für die Umrechnungen sind zunächst die über die Dichtekorrektur bzw. Volumenkorrektur in den „*Petroleum Measurement Tables*“ veröffentlichten Rechenverfahren und Tabellenwerke für die Mineralölgruppen A, B, C, und D (siehe Übersicht Tabelle A.1 sowie Beiblatt 1 zu dieser Norm).

Grundlage für die Umrechnungen ist ferner für die nicht durch 6.2.2.a abgedeckten Dichte- und Temperaturbereiche und Produkte ein auf Basis der Norm ASTM D 1250 in den Ausgaben von 1952 bis 1980 entwickeltes Verfahren ohne Tabellenwerk (siehe Übersicht in Anhang A). Dieses Spezialverfahren, kurz „Verfahren X“, gilt für Erdgas, für alle gasförmigen Kohlenwasserstoffe, Flüssiggase, Pentane, für Leichtbenzine mit einer Dichte bei 15 °C unter 600 kg/m³ sowie für Bitumen und andere Rückstände (z. B. Extrakte aus der Schmierölraffination).

Grundlage für die Umrechnungen bei verflüssigten, chemisch reinen Kohlenwasserstoffen des C₃- bis C₄-Bereiches und bei anderen chemisch reinen Stoffen ist ein auf Basis der Norm ASTM D 1250 in den Ausgaben von 1952 bis 1980 entwickeltes Verfahren ohne Tabellenwerk (siehe Übersicht in Anhang A), kurz „Verfahren Y“. Dem Verfahren Y werden auch Stoffe oder Stoffgemische zugeordnet, welche den Mineralölgruppen A, B, C, D und X nicht eindeutig zugeordnet werden können.

Eine stoffspezifische Zuordnung von Stoffen und Produkten zu einer der Mineralölgruppen A, B, C, D, X oder Y ist in Anhang I aufgelistet.

Die für die Umrechnungen nach 6.2.2.a bis 6.2.2.c erforderlichen Gleichungen, Konstanten, Dichte- und Temperaturgrenzen sind in den Anhängen B und C zusammengestellt. Anhang D enthält einige Prüfbeispiele.

6.2 Ermittlung der Dichte bei 15 °C, ρ_{15}

6.2.1 Allgemeines

Die Ermittlung der Dichte ρ_{15} für die Mineralölgruppen A, B, D und X wird entweder mit Hilfe von Rechenverfahren (siehe 6.2.2), oder mit Hilfe gedruckter Tabellen (nicht für X) nach 6.2.3 durchgeführt. Die Ermittlung der Dichte ρ_{15} für die Mineralölgruppe C wird nach 6.2.4 vorgenommen.

6.2.2 Ermittlung der Dichte ρ_{15} mit Hilfe von Rechenverfahren (siehe Anhang A und Anhang B)

- Die Rechenverfahren liegen für die Mineralölgruppen A, B, D und X vor (siehe Anhang A). Sie sind anwendbar auf ρ_t bzw. ρ'_t aus den Bestimmungsverfahren „V1“ bis „V4“ (siehe 5.2 bis 5.5).
- Liegt ein Ablesewert („Spindelwert“) ρ'_t vor, der mit den Bestimmungsverfahren „V1“ oder „V4“ (siehe 5.2 bzw. 5.5) gewonnen wurde, so erfolgt in den Rechenverfahren eingangs folgende Korrektur:

$$\rho_t = \rho'_t \cdot (1 - H_y) \quad (8)$$

Dabei ist

H_y die für die Glasausdehnung bei der Prüftemperatur anzubringende Aräometerkorrektur. Die Berechnung erfolgt nach

$$H_y = 23 \times 10^{-6} \times (t' - 15) + 2 \times 10^{-8} \times (t' - 15)^2 \quad (9)$$

Dabei ist

t' die Prüftemperatur in °C.

- Vor Anwendung der Rechenverfahren sind ρ_t bzw. ρ'_t auf 0,1 kg/m³ und die Temperatur t' auf 0,1 °C zu runden.

6.2.3 Ermittlung der Dichte ρ_{15} mit Hilfe von gedruckten Tabellen (siehe Anhang A)

- Gedruckte Tabellen liegen nur für die Mineralölgruppen A, B und D vor (siehe Anhang A). Sie sind ohne zusätzliche Korrekturen **nur dann** anzuwenden, wenn der Ablesewert ρ'_t mit den Bestimmungsverfahren „V1“ (siehe 5.2) gewonnen wurde.
- Falls eine Dichte ρ_t vorliegt, die mit den Bestimmungsverfahren „V2“ oder „V3“ (siehe 5.3 bzw. 5.4) bestimmt wurde und die mit Hilfe von Tabellen umzurechnen ist, ist der für die Benutzung der Tabellen notwendige Ablesewert ρ'_t wie folgt zu berechnen:

$$\rho'_t = \frac{\rho_t}{(1 - H_y)} \quad (10)$$

Dabei ist

H_y die für die Glasausdehnung anzubringende Aräometerkorrektur.

Die Berechnung erfolgt nach

$$H_y = 23 \times 10^{-6} \times (t - 15) + 2 \times 10^{-8} \times (t - 15)^2 \quad (11)$$

Dabei ist

t die Prüftemperatur in °C.

- c) Vor Anwendung der Tabellen ist der Spindelwert ρ'_t auf $0,1 \text{ kg/m}^3$ und die Temperatur t' auf $0,1 \text{ °C}$ zu runden.
- d) Bei Anwendung der Tabellen ist abweichend von den bei ASTM/API genannten Beispielen stets über Temperatur und Dichte zu interpolieren; (siehe Anhang E.1).

6.2.4 Ermittlung der Dichte ρ_{15} für Produkte der Mineralölgruppe C

Die Berechnung erfolgt nach Gleichung (12).

$$\rho_{15} = \frac{\rho_t}{\beta_t} \quad (12)$$

Dabei ist

- β_t der dimensionslose Volumenkorrekturfaktor bei Temperatur t , ermittelt nach (6.5);
- ρ_t die Dichte bei Temperatur t (also keine Aräometer-Ablesung);
- ρ_{15} die Dichte bei der Standardtemperatur (15 °C).

6.3 Ermittlung einer Dichte ρ_{xx} bei beliebiger Temperatur (Referenztemperatur) aus ρ_{15}

Die Ermittlung der Dichte ρ_{xx} für alle Mineralölgruppen A, B, C, D, X und Y wird nach Gleichung (13) durchgeführt.

$$\rho_{xx} = \rho_{15} \cdot \beta_{xx} \quad (13)$$

Dabei ist

- β_{xx} der dimensionslose Volumenkorrekturfaktor bei Temperatur t , ermittelt nach (6.5);
- ρ_{xx} Dichte bei Temperatur t (also keine Aräometer-Ablesung);
- ρ_{15} Dichte bei der Standardtemperatur (15 °C).

Für den Fall, dass ρ_{15} nicht bei 15 °C gemessen wurde, sondern aus der Dichte bei einer anderen Temperatur berechnet wurde, ist zu beachten, dass für eine bereits erfolgte Umrechnung von ρ_t auf ρ_{15} sowie für die noch durchzuführende Umrechnung von ρ_{15} auf ρ_{xx} der VCF aus derselben Mineralölgruppe verwendet wird.

6.4 Ermittlung der Dichte bei einer beliebigen Temperatur t_2 aus einer Dichte bei einer Temperatur t_1

Für diese Umrechnung muss zunächst aus der Dichte ρ_t bei Temperatur t_1 die Dichte ρ_{15} bei Standardtemperatur (15 °C) nach 6.2 berechnet werden. Anschließend wird ausgehend von ρ_{15} die Dichte ρ_{xx} bei Temperatur t_2 nach Abschnitt 6.3 berechnet. In jedem Fall ist darauf zu achten, dass in beiden Rechenschritten der VCF aus derselben Mineralölgruppe benutzt wird.