

Mineralöl und flüssige Mineralölerzeugnisse
Berechnung von Ölmengen
 Teil 2: Dynamische Messung
 (ISO 4267-2 : 1988)
 Deutsche Fassung EN ISO 4267-2 : 1995

DIN
 EN ISO 4267-2

ICS 75.200

Deskriptoren: Berechnung, Ölmenge, Mineralöl, Mineralölerzeugnis, Messung

Petroleum and liquid petroleum products – Calculation of oil quantities –
 Part 2: Dynamic measurement (ISO 4267-2 : 1988);

German version EN ISO 4267-2 : 1995

Pétrole et produits pétroliers liquides – Calcul des quantités de pétrole –
 Partie 2: Mesurage dynamique (ISO 4267-2 : 1988)

Version allemande EN ISO 4267-2 : 1995

Die Europäische Norm EN ISO 4267-2 : 1995 hat den Status einer Deutschen Norm.

Nationales Vorwort

Diese Europäische Norm fällt in den Zuständigkeitsbereich des Technischen Komitees CEN/TC 19 "Mineralölerzeugnisse, Schmierstoffe und verwandte Produkte" (Sekretariat: NNI, Niederlande). Die ihr zugrundeliegende Internationale Norm ISO 4267-2:1988 wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 28 "Mineralölerzeugnisse und Schmierstoffe" (Sekretariat: ANSI, USA) ausgearbeitet.

Für die im Abschnitt 2 zitierten Internationalen Normen wird im folgenden auf die entsprechenden Deutschen Normen hingewiesen:

ISO 91-1 siehe DIN ISO 91-1

ISO 8822 siehe DIN EN ISO 8222

Nationaler Anhang NA (informativ)

Literaturhinweise

DIN ISO 91-1

Mineralölmeßtafeln – auf Bezugstemperaturen von 15 °C und 60 °F basierende Tafeln

DIN EN ISO 8222

Mineralölmeßsysteme – Kalibrierung – Temperaturkorrekturen bei der Anwendung volumetrischer Bezugsmeßsysteme (ISO 8222 : 1987); Deutsche Fassung EN ISO 8222 : 1995

Fortsetzung 24 Seiten EN

Normenausschuß Materialprüfung (NMP) im DIN Deutsches Institut für Normung e.V.
 Fachausschuß Mineralöl- und Brennstoffnormung (FAM) des NMP im DIN

ICS 75.200

Deskriptoren: Mineralölerzeugnis, Kohlenwasserstoff, Flüssiggas, Volumenmessung, Berechnungsverfahren

Deutsche Fassung

Mineralöl und flüssige Mineralölerzeugnisse
Berechnung von Ölmengen
Teil 2: Dynamische Messung
(ISO 4267-2 : 1988)

Petroleum and liquid petroleum products –
Calculation of oil quantities – Part 2: Dyna-
mic measurement (ISO 4267-2 : 1988)

Pétrole et produits pétroliers liquides – Calcul
des quantités de pétrole – Partie 2:
Mesurage dynamique (ISO 4267-2 : 1988)

Diese Europäische Norm wurde von CEN am 1995-09-09 angenommen.

Die CEN-Mitglieder sind gehalten, die CEN/CENELEC-Geschäftsordnung zu erfüllen, in der die Bedingungen festgelegt sind, unter denen dieser Europäischen Norm ohne jede Änderung der Status einer nationalen Norm zu geben ist.

Auf dem letzten Stand befindliche Listen dieser nationalen Normen mit ihren bibliographischen Angaben sind beim Zentralsekretariat oder bei jedem CEN-Mitglied auf Anfrage erhältlich.

Diese Europäische Norm besteht in drei offiziellen Fassungen (Deutsch, Englisch, Französisch). Eine Fassung in einer anderen Sprache, die von einem CEN-Mitglied in eigener Verantwortung durch Übersetzung in seine Landessprache gemacht und dem Zentralsekretariat mitgeteilt worden ist, hat den gleichen Status wie die offiziellen Fassungen.

CEN-Mitglieder sind die nationalen Normungsinstitute von Belgien, Dänemark, Deutschland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Luxemburg, Niederlande, Norwegen, Österreich, Portugal, Schweden, Schweiz, Spanien und dem Vereinigten Königreich.

CEN

EUROPÄISCHES KOMITEE FÜR NORMUNG

European Committee for Standardization

Comité Européen de Normalisation

Zentralsekretariat: rue de Stassart 36, B-1050 Brüssel

Vorwort

Der Text der Internationalen Norm vom ISO/TC 28 "Petroleum products" der "International Organization for Standardization" (ISO) wurde als Europäische Norm durch das technische Komitee CEN/TC 19 "Mineralölprodukte, Schmierstoffe und verwandte Produkte" übernommen.

Diese Europäische Norm muß den Status einer nationalen Norm erhalten, entweder durch Veröffentlichung eines identischen Textes oder durch Anerkennung bis April 1996, und etwaige entgegenstehende nationale Normen müssen bis April 1996 zurückgezogen werden.

Entsprechend der CEN/CENELEC-Geschäftsordnung sind folgende Länder gehalten, diese Europäische Norm zu übernehmen:

Belgien, Dänemark, Deutschland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Luxemburg, Niederlande, Norwegen, Österreich, Portugal, Schweden, Schweiz, Spanien und das Vereinigte Königreich.

Anerkennungsnotiz

Der Text der Internationalen Norm ISO 4267-2:1988 wurde von CEN als Europäische Norm ohne irgendeine Abänderung genehmigt.

Inhalt

	Seite		Seite
0 Einleitung	2	6.9 Berechnungsbeispiel – Kalibrierung eines Rohrprüfers mit dem Mastermeterverfahren**) ...	9
1 Anwendungsbereich	3	7 Berechnung des Meterfaktors	12
2 Normative Verweisungen	3	7.1 Zweck und Auswirkungen	12
3 Definitionen	3	7.2 Temperatur und Druck	12
4 Genauigkeitshierarchie	3	7.3 Rundungsregel – Meterfaktoren	12
4.1 Zweck und Auswirkungen	3	7.4 Berechnung des Standardmeterfaktors für ein Verdrängungsmeßgerät mit Hilfe eines Tankprüfers	12
4.2 Hierarchie	4	7.5 Berechnung des Standardmeterfaktors für ein Turbinenmeßgerät mit Hilfe eines Rohrprüfers	15
5 Hauptkorrekturfaktoren	4	7.6 Berechnung des Meterfaktors bei Standardbedingungen für ein Verdrängungsmeßgerät mit Hilfe eines Mastermeters	17
5.1 Zweck und Auswirkungen	4	8 Berechnung des K-Faktors	19
5.2 C_{ts}	5	8.1 Zweck und Auswirkungen	19
5.3 C_{ps}	5	8.2 Temperatur und Druck	19
5.4 C_{pl}	5	8.3 Rundungsregel – K-Faktoren	19
5.5 C_{tl}	6	8.4 Berechnung des K-Faktors für ein Turbinenmeßgerät mit Hilfe eines Rohrprüfers	19
6 Berechnung des Prüfvolumens	6	9 Berechnung der Meßprotokolle	20
6.1 Zweck und Auswirkungen	6	9.1 Zweck und Auswirkungen	20
6.2 Standardvolumenmaße	6	9.2 Rundungsregel – Meßprotokolle	20
6.3 Rundungsregel – Prüfer*)	7	9.3 Korrekturfaktoren und Genauigkeit	20
6.4 Temperatur und Druck	7	Anhang A (normativ) Korrekturfaktoren für Temperatur- und Druckeffekte auf Stahl	22
6.5 Berechnung der Basisvolumina	7		
6.6 Korrekturen der gemessenen Volumina bei dem Wasserfüllverfahren	7		
6.7 Berechnungsbeispiel – Kalibrierung von Rohrprüfern mit dem Wasserfüllverfahren mit Hilfe von Feldstandards	7		
6.8 Berechnungsbeispiel – Kalibrierung von Tankprüfern mit dem Wasserfüllverfahren mit Hilfe von Feldstandards	8		

0 Einleitung

Bevor diese Veröffentlichung existierte, wurden die bei Berechnungen mit Hilfe von dynamischen Messungen verwendeten Begriffe und Fachausdrücke von verschiedenen Leuten unterschiedlich interpretiert; dies hat zu Unstimmigkeiten geführt. Da außerdem Daten über so viele Normen gestreut waren, wurde der detaillierte Vergleich von Rechenverfahren zu einem weiteren Problem.

Bei jeder Berechnung ließen sich sowohl die Regeln zum Runden als auch die Anzahl signifikanter Ziffern unterschiedlich interpretieren. Wenn jedoch unterschiedliche Operateure mit denselben Ausgangsdaten identische Ergebnisse erhalten sollen, müssen Regeln für Reihenfolge, Rundung und signifikante Stellenzahl definiert werden. Dafür ist ein Mindestdatz an Regeln erforderlich, deren Definition sich diese Internationale Norm zum Ziel gesetzt hat. Genauere Temperatur-, Druck- und Dichtebestimmungen oder eine höhere Stellenzahl werden durch diese Internationale Norm nicht

ausgeschlossen, sofern sich die beteiligten Parteien damit einverstanden erklärt haben.

Diese Internationale Norm dient der Konsolidierung und Normung von Berechnungen beim Messen von Mineralöflüssigkeiten sowie der Klärung von Begriffen und Fachausdrücken durch Eliminierung lokaler Varianten. Der Zweck von genormten Berechnungen ist es, trotz unterschiedlicher Rechensysteme aus identischen Angaben identische Ergebnisse zu erhalten.

Obwohl die ISO/TC-28-Normen als Standardbezugstemperatur 15 °C angeben, wird anerkannt, daß einige Länder andere Bezugstemperaturen, beispielsweise 20 °C, 12 °C oder 60 °F, benutzen dürfen.

*) Nationale Fußnote: Metallbehälter als Prüfgerät (siehe 5.3.1)

**) Nationale Fußnote: Meßgerät hoher Genauigkeit

Diese Norm legt ein Mindestniveau an Genauigkeit für industrielle Berechnungen fest; wenn jedoch die beteiligten Parteien eine Vereinbarung über die Festlegung von höheren Anforderungen in Erwägung ziehen, so ist vorher die Erfüllbarkeit solcher Anforderungen nachzuweisen. Die Weiterentwicklung von Technologien wird auch in Zukunft ein Grund dafür sein, daß die Spezifikationen für Berechnungsverfahren beim Prüfen und Messen anspruchsvoller werden.

1 Anwendungsbereich

Diese Internationale Norm definiert unterschiedliche Begriffe (Wörter oder Symbole), die zur Berechnung von gemessenen Mineralölmengen eingesetzt werden. Hat die Mineralölindustrie gewöhnlich für ein und dieselbe Menge zwei oder mehrere Begriffe benutzt, so hat man nun einen bevorzugten Begriff ausgewählt.

Diese Internationale Norm gibt auch die Gleichungen vor, mit denen sich die Werte der Korrekturfaktoren berechnen lassen. Außerdem beschreibt sie die bei den Berechnungen angewendeten Vorschriften bezüglich Reihenfolge, Rundung und Anzahl signifikanter Stellen. Sie enthält Tabellen, in denen spezifische Korrekturfaktoren nachgeschlagen werden können, sofern es nicht gewünscht wird, letztere entweder manuell oder mit dem Computer zu berechnen. Berechnungen von Prüferbasisvolumen, Meterfaktoren und Meßprotokollen gehören ebenfalls zu dieser Norm.

Der Anwendungsbereich dieser Internationalen Norm umfaßt volumetrische Messungen von flüssigen Kohlenwasserstoffen einschließlich Flüssiggas mittels Meßgerät und Prüfer. Sie gilt nicht für Zweiphasenflüssigkeiten (obwohl es in solchen Situationen nützlich sein kann) außer insoweit, wie Rückstände und Wasser mit Rohöl vermischt werden können.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden normativen Dokumente enthalten Festlegungen, die durch Verweisung in diesem Text Bestandteil der vorliegenden Internationalen Norm sind. Zum Zeitpunkt der Veröffentlichung dieser Internationalen Norm waren die angegebenen Ausgaben gültig. Alle normativen Dokumente unterliegen der Überarbeitung. Vertragspartner, deren Vereinbarungen auf dieser Internationalen Norm basieren, werden gebeten, die Möglichkeit zu prüfen, ob die jeweils neuesten Ausgaben der im folgenden genannten Normen angewendet werden können. Die Mitglieder von IEC und ISO führen Verzeichnisse der gegenwärtig gültigen Internationalen Normen.

ISO 91-1

Petroleum measurement tables – Part 1: Tables based on reference temperatures of 15 °C and 60 °F

ISO 2715

Liquid hydrocarbons – Volumetric measurement by turbine meter systems

ISO 5024

Petroleum liquids and gases – Measurement – Standard reference conditions

ISO 7278-2

Liquid hydrocarbons – Dynamic measurement – Proving systems for volumetric meters – Part 2: Pipe provers¹⁾

ISO 8222

Petroleum measurement systems – Calibration – Temperature corrections for use with volumetric reference measuring systems

ISO 9770

Petroleum products – Compressibility factors for hydrocarbons in the range 638 kg/m³ to 1 074 kg/m³¹⁾

¹⁾ Z. Z. Entwurf

3 Definitionen

Für die Anwendung dieser Internationalen Norm gelten die folgenden Definitionen von Begriffen:

3.1 Basisvolumen: Volumen eines Prüfers unter Standardbedingungen.

3.2 Angezeigtes Volumen: Die beim Transport durch das Meßgerät eintretende Änderung in der Anzeige des Meßgerätes.

3.3 K-Faktor: Die von einem Meßgerät für eine gelieferte Volumeneinheit erzeugte Anzahl von Impulsen.

$$K\text{-Faktor} = \frac{\text{vom Meßgerät erzeugte Impulse}}{\text{vom Meßgerät geliefertes Volumen}}$$

3.4 Meßprotokoll: Allgemeiner Begriff, der die schriftliche Empfangs- oder Lieferbestätigung für eine Rohölmenge oder die Menge eines Mineralölproduktes mit Meßdatenbericht (siehe Abschnitt 9) bezeichnet. Dies kann ein Formular sein, das auszufüllen ist, ein Datenausdruck oder -display, je nach Grad der Automatisierung, Fernsteuerung oder Computersteuerung. Früher wurde es als "Durchgangsprotokoll" bzw. "Empfangs- und Lieferprotokoll" bezeichnet.

3.5 Meterfaktor: Verhältnis des durch ein Meßgerät fließenden tatsächlichen Volumens zu dem vom Meßgerät angezeigten Flüssigkeitsvolumen.

$$K\text{-Faktor} = \frac{\text{durch-Meßgerät-fließendes-Volumen}}{\text{durch-Meßgerät-angezeigtes-Volumen}}$$

3.6 Standardnettovolumen: Standardgesamtvolumen (siehe 3.9) minus der durch das Meßgerät geleiteten Wasser- und Rückstandsmenge.

ANMERKUNG: Bei sauberen und raffinierten Produkten sind Standardgesamtvolumen und Standardnettovolumen identisch.

3.7 Anzeige; Meßgerätanzeige: Unverzögertes Display des Meßgerätvolumens (siehe angezeigtes Volumen).

3.8 Standard- (Bezugs-) bedingungen: Bei Messungen von Mineralöl und seinen Produkten handelt es sich dabei um einen Druck von 101,325 kPa (1,013 25 Bar) und eine Temperatur von 15 °C; ausgenommen sind Flüssigkeiten, deren Dampfdruck bei 15 °C über dem atmosphärischen Druck liegt; in diesem Fall ist der Standarddruck gleich dem Gleichgewichtsdampfdruck bei 15 °C (siehe ISO 5024).

3.9 Standardgesamtvolumen: Gesamtes Volumen bei Standardtemperatur sowie korrigiert auf Standarddruck.

3.10 Gesamtvolumen: Angezeigtes Volumen multipliziert mit dem der Flüssigkeit und Durchflußrate entsprechenden Meterfaktor ohne Temperatur- und Druckkorrekturen. Dies beinhaltet sämtliche durch ein Meßgerät geleiteten Wasser- und Rückstandsmengen.

4 Genauigkeitshierarchie

4.1 Zweck und Auswirkungen

4.1.1 Bei Mineralölmessungen gibt es unumgängliche oder natürliche Genauigkeitshierarchien. An der Spitze stehen Standardvolumenmaße; diese werden durch staatliche Einrichtungen oder Laboratorien zertifiziert und lassen sich bis zur betreffenden nationalen Norm zurückverfolgen. Alle Stufen unterhalb dieser Genauigkeit müssen die Unsicherheiten der höheren Stufen als systematischen Fehler wiedergeben. Ob sich ein solcher systematischer Fehler positiv oder negativ auswirken kann, ist nicht bekannt; möglich ist beides.

4.1.2 Unrealistisch wäre es, in den unteren Hierarchiestufen die gleiche oder eine geringere Unsicherheit als die eines höheren Niveaus zu erwarten. Die einzige Möglichkeit zur Herabsetzung der zufälligen Unsicherheitskomponente eines Meßsystems oder eines Meßverfahrens ist die Erhöhung der Anzahl von Bestimmungen und die Berechnung des Mittelwertes. Bei Zwischenrechnungen kann die signifikante Stellenzahl eines Wertes in den oberen Hierarchiestufen größer sein als in den unteren.

4.2 Hierarchie

4.2.1 Die Genauigkeitshierarchie dieser Norm ist allgemein wie in Tabelle 1 strukturiert.

4.2.2 Diese Norm gibt für jede Hierarchiestufe die Regeln vor, nach denen die Endwerte gerundet, gekürzt und angegeben werden.

5 Hauptkorrekturfaktoren

5.1 Zweck und Auswirkungen

5.1.1 Es wird empfohlen, die Korrekturfaktoren mit einem Symbol anstatt mit einem Begriff zu benennen; dies hat folgende Vorteile: erstens werden sie dadurch kürzer; zweitens gestatten sie rechnerische Vorgehensweisen, drittens wird ihre Ähnlichkeit damit gezeigt, die nur vom jeweiligen Metall bzw. von der jeweiligen Flüssigkeit beeinflusst wird; und viertens lassen sich Verwechslungen, wie beispielsweise der Unterschied zwischen dem Kompressibilitätsfaktor F einer Flüssigkeit und dem Korrekturfaktor C_{pl} als einer Funktion von F , leichter eliminieren. Bei Berechnungen von Flüssigkeitsmengen gibt es sechs Hauptkorrekturfaktoren.

5.1.2 Der erste dieser sechs Korrekturfaktoren ist der Meterfaktor MF, ein dimensionsloser Wert, der das am Meßgerät oder am Zubehör des Meßgerätes angezeigte Volumen

auf das tatsächliche Volumen korrigiert, ungeachtet dessen, ob es sich dabei um ein Rohvolumen oder ein korrigiertes Volumen (siehe Abschnitt 7) handelt. In einigen Fällen wird der K -Faktor anstelle des Meterfaktors oder mit ihm zusammen (siehe Abschnitt 8) verwendet.

5.1.3 Die nächsten vier Korrekturfaktoren, die zur Berechnung von Flüssigkeitsmengen eingesetzt werden, sind wegen der Volumenänderungen aufgrund der Temperatur- und Druckeffekte sowohl des Flüssigkeitsbehälters (üblicherweise aus Flußstahl) als auch der Flüssigkeit selbst notwendig. Bei diesen vier Korrekturfaktoren handelt es sich um folgende:

C_{ts} (oder CTS) ... der Korrekturfaktor für den Temperatureffekt auf Stahl (siehe 5.2);

C_{ps} (oder CPS) ... der Korrekturfaktor für den Druckeffekt auf Stahl (siehe 5.3);

C_{pl} (oder CPL) ... der Korrekturfaktor für den Druckeffekt auf die Flüssigkeit (siehe 5.4);

C_{tl} (oder CTL) ... der Korrekturfaktor für den Temperatureffekt auf die Flüssigkeit (siehe 5.5).

5.1.4 Schließlich gibt es noch einen Korrekturfaktor C_{sw} (oder CSW), der bei Anwesenheit von Rückständen und Wasser im Rohöl (siehe 9.3.1) zur Anwendung kommt.

5.1.5 Zu den bereits erwähnten Symbolen können weitere Indizes kommen, nämlich p für Prüfer, m für Meßgerät und M für ein Standardvolumenmaß, damit deutlich wird, für welchen Teil der Meßanlage sie gelten.

Während in dieser Norm die allgemein üblichen tiefgesetzten Indizes benutzt werden, braucht man bei einer Computerprogrammierung das erlaubte großgeschriebene Kurzzeichen, das sich außerdem bequem schreiben läßt. In solchen Fällen steht SM für das Maß M und M für das Meßgerät m.

Tabelle 1: Genauigkeitshierarchie

Abschnitt	Hierarchiestufe	Korrekturfaktoren und Zwischenrechnungen auf:	Signifikante Stellenzahl beim Volumen	Temperatur- und Druckbestimmung für Berechnungen auf:
6	Prüferkalibrierung	6 Dezimalstellen ¹⁾	5	0,05 °C 50 kPa ²⁾
7	Meterfaktor	4 Dezimalstellen	5	0,25 °C ³⁾ 50 kPa ²⁾
8	K -Faktor	4 Dezimalstellen	5	0,25 °C ³⁾ 50 kPa ²⁾
9	Meßprotokolle	4 Dezimalstellen	5	0,50 °C ³⁾ 50 kPa ²⁾

¹⁾ Wird als Kalibrierflüssigkeit Wasser verwendet, so benutzt man zur Korrektur der auf die Kalibrierflüssigkeit wirkenden Temperatur- und Druckeffekte Korrekturfaktoren mit 6 Dezimalstellen.

Wird als Kalibrierflüssigkeit ein Kohlenwasserstoff verwendet, korrigiert man die auf die Kalibrierflüssigkeit wirkenden Temperatur- und Druckeffekte mit den in ISO 91-1 beschriebenen Faktoren. Diese Faktoren, die nach ISO 91-1 berechnet wurden, sind auf 5 signifikante Ziffern (4 oder 5 Dezimalstellen) beschränkt. Falls das Kalibrierpersonal nicht in der Lage ist, die Werte nach ISO 91-1 zu berechnen, aber Zugang hat zu den in ISO 91-1 gedruckten Tafeln, so darf bei der Kalibrierung für den Temperaturunterschied zwischen Mastermeter und Prüfer in einem begrenzten Bereich mit Hilfe von Linearinterpolation der Tafeln korrigiert werden.

²⁾ In allen obigen Hierarchien ist der Druck abzulesen, zu notieren und auf die nächsten 50 kPa (0,5 bar) zu runden. Falls die Manometerskala eine genauere Angabe gestattet, ist die Anzeige abzulesen, zu notieren und auf den nächstliegenden Wert der Skalenteilung zu runden.

³⁾ Ein Gerät zur Temperaturbestimmung, mit dessen Hilfe sich eine genauere Bestimmungsstufe erzielen läßt als in Tabelle 1 vorgegeben wird, darf benutzt werden, sofern die Installations-, Wartungs-, Bedienungs- und Kalibrierpraktiken sicherstellen, daß der gewählte Genauigkeitsgrad auch erreicht wird.

5.1.6 Bei der Korrektur der Volumina mit Hilfe von zwei oder mehr Faktoren wird zunächst ein CCF (combined correction factor = Gesamtkorrekturfaktor) ermittelt, indem die einzelnen Korrekturfaktoren miteinander in einer bestimmten Reihenfolge multipliziert und bei jedem Schritt gerundet werden. Erst danach wird das Volumen mit dem CCF multipliziert. Die Reihenfolge ist folgendermaßen: MF , C_{ts} , C_{ps} , C_{pl} , C_{tl} und C_{sw} ; dabei werden sämtliche Faktoren weggelassen, die in der jeweiligen Berechnung irrelevant sind.

ANMERKUNG: Diese Reihenfolge der Anwendung der sechs Korrekturfaktoren wird als theoretisch korrekt angesehen. Eine Änderung der Reihenfolge kann jedoch eintreten, wenn zur Korrektur mit einem oder mehreren dieser Faktoren mechanische oder elektronische Geräte benutzt werden. Dies gilt besonders für Meßgeräte mit Temperaturkompensator. Aber wenn die Korrekturfaktoren anhand der korrekten Temperatur-, Druck- und Dichtewerte bestimmt werden, wird sich der Zahlenwert des Gesamtkorrekturfaktors (CCF) vom theoretischen Wert nicht signifikant unterscheiden.

5.1.7 Sämtliche Multiplikationen innerhalb einer einzelnen Rechenoperation müssen abgeschlossen sein, bevor mit der Division begonnen wird.

5.2 C_{ts}

5.2.1 Das Volumen eines Metallbehälters, z. B. eines Rohrprüfers, Tankprüfers oder Standardvolumenmaßes, wird sich mit dessen Temperatur ändern. Diese Volumenänderung verhält sich ungeachtet der Form des Behälters direkt proportional zur Temperaturänderung des Materials, aus dem der Behälter besteht. Der Korrekturfaktor für den Temperatureffekt auf Stahl (C_{ts}) wird mit Hilfe der folgenden Gleichung berechnet:

$$C_{ts} = 1 + (t - 15) \gamma \quad \dots (1)$$

Dabei ist:

- t die Temperatur der Behälterwände, in Grad Celsius;
- γ der kubische Ausdehnungskoeffizient, je Grad Celsius des Behältermaterials.

Folglich wird C_{ts} bei einer Temperatur t über 15 °C größer sein als 1 und bei einer Temperatur t unter 15 °C kleiner sein als 1.

5.2.2 Der Wert von γ ist $3,3 \times 10^{-5}$ (oder 0,000 033) je Grad Celsius für Flußstahl, und er liegt im Bereich von $4,30 \times 10^{-5}$ bis $5,40 \times 10^{-5}$ je Grad Celsius für nichtrostenden Stahl der Serie 300. Der in den Berechnungen zu verwendende Wert muß aus dem Zertifikat der Eichbehörde für ein Standardvolumenmaß entnommen werden oder aus dem des Herstellers eines Prüfers. Anhang A enthält Tabellen der C_{ts} -Werte in Abhängigkeit von der Temperatur, die Tabelle für nichtrostenden Stahl basiert auf dem typischen Wert von γ gleich $5,10 \times 10^{-5}$ für nichtrostenden Stahl der Serie 300.

5.2.3 Ist das Volumen des Behälters bei Standardtemperatur (15 °C) bekannt, so läßt sich das Volumen bei jeder anderen Temperatur t aus der folgenden Gleichung berechnen:

$$V_t = V_{15} \cdot C_{ts} \quad \dots (2)$$

5.2.4 Sofern das Volumen des Behälters bei einer beliebigen Temperatur t bekannt ist, läßt sich umgekehrt auch das Volumen bei Standardtemperatur (15 °C) aus der folgenden Gleichung berechnen:

$$V_{15} = V_t / C_{ts} \quad \dots (3)$$

5.3 C_{ps}

5.3.1 Wird auf einen Metallbehälter, z. B. einen Tankprüfer, Rohrprüfer oder ein Standardvolumenmaß von innen Druck ausgeübt, werden sich die Behälterwände elastisch ausdehnen, und das Behältervolumen wird sich entsprechend ändern.

Obwohl die folgende Gleichung Vereinfachungen enthält, ist in der Praxis der Korrekturfaktor C_{ps} für den Effekt des inneren Druckes auf das Volumen eines zylindrischen Behälters aus der folgenden Gleichung zu berechnen:

$$C_{ps} = 1 + PD/ET \quad \dots (4)$$

Dabei ist:

- P der innere Manometerdruck, in kPa;
- D der Innendurchmesser, in mm;
- E das Elastizitätsmodul des Behältermaterials ($2,1 \times 10^8$ kPa für Flußstahl und $1,9 \times 10^8$ kPa bis $2,0 \times 10^8$ kPa für nichtrostenden Stahl);
- T die Behälterwanddicke, in mm.

5.3.2 Tabellen 6 und 7 in Anhang A enthalten C_{ps} -Werte für spezifische Größen und Wanddicken von Flußstahlprüfern sowie Druckwerte. Ist das Volumen eines Behälters bei atmosphärischem Druck V_{atmos} (d.h. bei Manometerdruck gleich Null) bekannt, so läßt sich das Behältervolumen bei jedem anderen Druck V_p aus der folgenden Gleichung berechnen:

$$V_p = V_{atmos} \cdot C_{ps} \quad \dots (5)$$

5.3.3 Ist das Volumen eines Behälters bei einem beliebigen Manometerdruck P bekannt, so läßt sich das entsprechende Volumen des Behälters bei atmosphärischem Druck V_{atmos} aus der folgenden Gleichung berechnen:

$$V_{atmos} = V_p / C_{ps} \quad \dots (6)$$

5.4 C_{pl}

5.4.1 Das Volumen einer Flüssigkeit verhält sich umgekehrt proportional zu dem Druck, der auf die Flüssigkeit wirkt. Der Korrekturfaktor C_{pl} für den Druckeffekt auf das Volumen einer Flüssigkeit läßt sich aus der folgenden Gleichung berechnen:

$$C_{pl} = \frac{1}{1 - (P - P_e)F} \quad \dots (7)$$

Dabei ist:

- P der Manometerdruck, in kPa;
- P_e der Gleichgewichtsdampfdruck einer Flüssigkeit bei Meßtemperatur, in kPa Manometerdruck [bei Flüssigkeiten, deren Gleichgewichtsdampfdruck bei Meßtemperatur unter dem atmosphärischen Druck (101,325 kPa absoluter Druck) liegt, wird P_e als Manometernulldruck angenommen];
- F der Kompressibilitätsfaktor für Kohlenwasserstoffe nach ISO 9770 (der bestimmt wird bei der Arbeitstemperatur des Meßgerätes und der Öldichte bei 15 °C; die Kompressibilitätsfaktoren für Wasser bei verschiedenen Wassertemperaturen sind in der nachstehenden Tabelle 2 aufgelistet).

Tabelle 2: Isothermer Kompressibilitätsfaktor für Wasser

Temperatur °C	Kompressibilitätsfaktor kPa ⁻¹
5	$4,9 \times 10^{-7}$
10	$4,8 \times 10^{-7}$
15	$4,7 \times 10^{-7}$
20	$4,6 \times 10^{-7}$
25	$4,5 \times 10^{-7}$
30	$4,5 \times 10^{-7}$
35	$4,4 \times 10^{-7}$
40	$4,4 \times 10^{-7}$
45	$4,4 \times 10^{-7}$
50	$4,4 \times 10^{-7}$

5.4.2 Wenn P_e gleich Null ist, wird aus der Gleichung (7)

$$C_{pl} = \frac{1}{1 - PF} \quad \dots (8)$$

5.4.3 Wenn P_e größer ist als der Manometernulldruck wird Gleichung (7) verwendet.

ANMERKUNG: Beim Prüfen eines Meßgerätes mit einem Rohrprüfer kann zur Bestimmung von P_e in der Praxis folgendes bequeme Verfahren angewendet werden:

- Nach Abschluß des letzten Prüfdurchgangs wird der Durchfluß durch den Rohrprüfer unterbrochen und von den Durchflußleitungen durch Schließen der entsprechenden Ventile isoliert.
- Anschließend wird der Druck im Rohrprüfer reduziert, indem die Flüssigkeit so lange abgelassen wird, bis der Druck im Meßgerät nicht weiter sinkt. Dies schafft einen Dampfraum, und die Flüssigkeit erreicht ihren Gleichgewichtsdampfdruck. Jetzt wird das Auslaßventil geschlossen, P_e am Manometer abgelesen und die entsprechende Temperatur zu diesem Zeitpunkt notiert. Das oben beschriebene Verfahren darf zur Bestimmung von P_e in Flüssigkeitsgemischen benutzt werden, die nicht in den veröffentlichten Tabellen enthalten sind und wo die P_e -Werte gegen die Temperatur aufgetragen sind, oder auch als Routineverfahren.

5.4.4 Ist das Volumen einer Flüssigkeit mit niedrigem Dampfdruck bei einem beliebigen Druck (V_p) bekannt, so läßt sich das entsprechende Volumen der Flüssigkeit bei Standarddruck (Manometernulldruck oder V_{atmos}) aus der folgenden Gleichung berechnen:

$$V_{atmos} = V_p \cdot C_{pl} \quad \dots (9)$$

5.4.5 Ist das Volumen einer Flüssigkeit mit niedrigem Dampfdruck bei Manometernulldruck bekannt, so läßt sich das entsprechende Volumen bei jedem anderen Druck V_p aus der folgenden Gleichung berechnen:

$$V_p = V_{atmos} / C_{pl} \quad \dots (10)$$

5.4.6 Ist das Volumen einer Flüssigkeit mit hohem Dampfdruck bei einer beliebig gemessenen Temperatur t und einem Druck P bekannt, so wird der Druck in zwei Schritten korrigiert. Das entsprechende Flüssigkeitsvolumen bei Gleichgewichtsdampfdruck P_e einer solchen Flüssigkeit bei Meßtemperatur läßt sich aus der folgenden Gleichung berechnen:

$$V_{pe} = V_p \cdot C_{pl} \quad \dots (11)$$

Dabei wird C_{pl} aus Gleichung (7) berechnet.

Wenn als nächster Schritt wiederum dieses Volumen mit Hilfe von Gleichung (12) auf eine Temperatur von 15 °C korrigiert wird, so korrigiert der von der entsprechenden Tabelle abgelesene oder berechnete Wert von C_{tl} auch das Volumen für die Druckänderung von P_e bei Meßtemperatur auf Gleichgewichtsdampfdruck bei einer Standardtemperatur von 15 °C. Hier ist anzumerken, daß, obwohl P_e bei der gemessenen Temperatur t höher sein kann als der atmosphärische Druck (101,325 kPa absoluter Druck), der Gleichgewichtsdampfdruck bei 15 °C auf den atmosphärischen Druck oder darunter fallen kann. Wie bereits unter Gleichung (7) angemerkt, beruht der Unterschied zwischen Flüssigkeiten mit niedrigem und hohem Dampfdruck darauf, ob ihr Gleichgewichtsdampfdruck niedriger oder höher ist als der atmosphärische Druck bei der gemessenen Temperatur.

5.5 C_{tl}

5.5.1 Ändert sich die Temperatur einer Mineralöflüssigkeitsmenge, so wird deren Volumenänderung von der Größe der Temperaturänderung, von dem Punkt im Temperaturbereich, wo sich die Änderung vollzieht, sowie von der Dichte der Flüssigkeit abhängen.

Die C_{tl} -Werte zur Korrektur des Volumens auf 15 °C sind den Tabellen in ISO 91-1 zu entnehmen.

5.5.2 Ist das Volumen einer Mineralöflüssigkeit bei einer beliebigen Temperatur t bekannt, so läßt sich das entsprechende Volumen bei Standardtemperatur (15 °C) aus der folgenden Gleichung berechnen:

$$V_{15} = V_t \cdot C_{tl} \quad \dots (12)$$

5.5.3 Ist das Volumen einer Mineralöflüssigkeit bei 15 °C bekannt, so läßt sich das entsprechende Volumen bei jeder beliebigen Temperatur t aus der folgenden Gleichung berechnen:

$$V_t = V_{15} / C_{tl} \quad \dots (13)$$

6 Berechnung des Prüfer Volumens

6.1 Zweck und Auswirkungen

6.1.1 Die Kalibrierung eines Prüfers dient der Bestimmung seines Basisvolumens, d. h. des Prüfer Volumens unter Standardbedingungen. Beim Rohrprüfer werden die in ISO 7278-2 beschriebenen Verfahren verwendet.

6.1.2 Ausgedrückt wird das Basisvolumen in Kubikmetern oder Litern. Das Volumen eines Metallprüfers verändert sich mit dessen Temperatur und Druck, die Volumeneinheiten (z. B. Liter) verändern sich nicht. Um das Basisvolumen eines Prüfers oder eines Standardvolumenmaßes zu definieren, müssen daher zunächst die Standardbedingungen, nämlich 15 °C und 101,325 kPa absoluten Druck (atmosphärischen Druck), festgelegt werden.

6.2 Standardvolumenmaße

Die Standardvolumenmaße für Prüferkalibrierungen müssen von Behörden oder Laboratorien zertifiziert werden, wobei sich der Weg bis zur betreffenden nationalen Norm zurückverfolgen lassen muß. Die solcherart zertifizierten Volumina werden in Maßeinheiten bei Standardbedingungen angegeben. Üblicherweise ist die Unsicherheit von Feldstandards die Hauptunsicherheitskomponente bei der Kalibrierung eines Prüfers.