



Wissen kompakt: Prüfmittelüberwachung im Labor

Flexibel. Verlässlich. Persönlich.

Vielfältigkeit der Anwendungen

Analytische Methoden im Labor erfordern eine Vielzahl an funktionstüchtigen Geräten, die in den Bereich der Prüf- und Messmittel fallen. Die Volumenmessgeräte Messkolben, Vollpipetten, Messpipetten, Messzylinder, Mischzylinder und Büretten bilden die Basis für die meisten dieser Laborarbeiten. Als Werkstoff für diese Messgeräte wird neben diversen Kunststoffen in der Regel Glas (häufig Natron-Kalk-Glas oder Borosilikat-Glas 3.3, siehe Abb. 1) verwendet, da es hochtransparent und sehr formstabil ist. Dennoch ändert sich im Laufe der Einsatzdauer durch den Gebrauch (vor allem durch die Reinigung) das Volumen der Messgeräte, so dass eine Überwachung in regelmäßigen Zeitabständen unabdingbar ist. Im Folgenden werden zunächst Abnutzungsprozesse der Volumenmessgeräte und die Prüfungsprozedere detailliert erläutert, ehe im weiteren Verlauf noch auf die Klasse der Kolbenhubgeräte näher eingegangen wird.

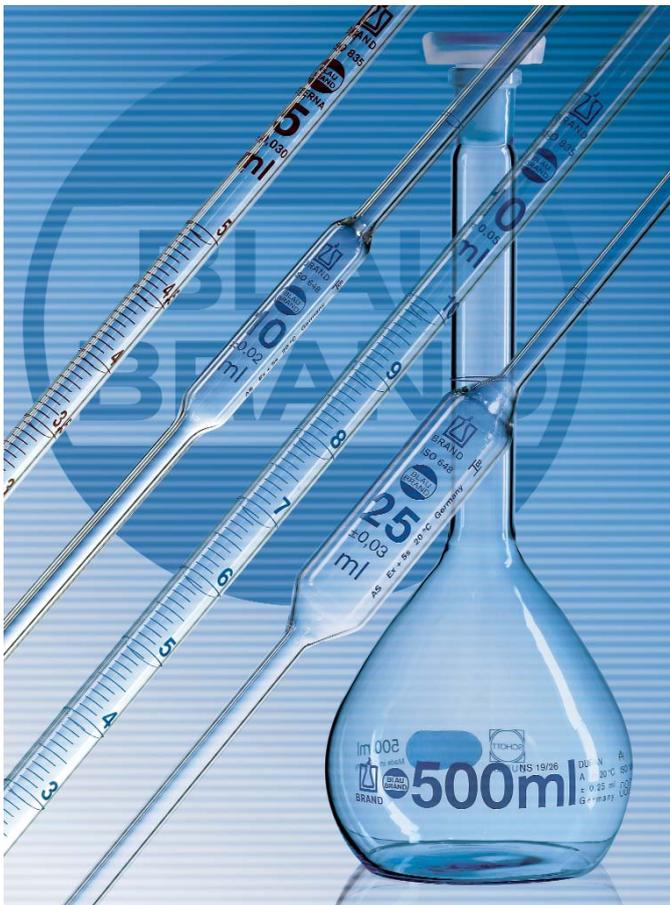


Abb. 1: Volumenmessgeräte aus Glas.

Faktoren, die eine Überprüfung der Volumenmessgeräte notwendig machen

Die Formstabilität und chemische Resistenz von Volumenmessgeräten aus Glas sind zwei der Hauptgründe, warum Labore vielfach diese Geräte benutzen. Beispielsweise reagieren unpolare organische Lösungsmittel praktisch gar nicht mit Glas. In Kontakt mit Wasser, vielen Säuren und polaren organischen Lösungsmitteln gibt es keinen nennenswerten Glasabtrag, da sich auf der Glasoberfläche eine Passivierungsschicht ausbildet. Eine Ausnahme bilden konzentrierte Phosphorsäure (H_3PO_4) und stark konzentrierte Laugen (z. B. NaOH), die allerdings erst bei erhöhter Temperatur ($> 70\text{ °C}$) Glas angreifen. Ein sehr starker Glasabtrag ist nur durch das Einwirken von Fluorwasserstoffsäure (HF) erreichbar, da sich Glas (SiO_2) in HF löst und somit den Einsatz von Volumenmessgeräten aus Kunststoff bei dieser Chemikalie notwendig macht.

Allerdings bedeutet ein nicht nennenswerter Glasabtrag nicht, dass es keinen gibt. Mit jedem der folgenden Faktoren löst sich etwas Glas, was bei längeren Betrachtungszeiträumen zu einer Volumenzunahme führt:

- Chemikalien:** Trotz hoher chemischer Beständigkeit löst sich in Abhängigkeit von der verwendeten Substanz bei jeder Anwendung immer ein wenig Glas von der Oberfläche ab.
- Reinigung:** Häufig werden Volumenmessgeräte in einer Spülmaschine mit Mitteln gereinigt, die alkalische Chemikalien und Komplexbildner enthalten. Je nach eingesetztem Reiniger, der Anwendungsdauer und eingestellter Temperatur löst sich entsprechend wenig oder viel Glas ab. Aggressive Methoden wie Ultraschall führen zu einem deutlich höheren Abrieb. In der Regel ist eine Handreinigung schonender, aber zeitintensiver.
- Konzentration:** Je nach Konzentration von Chemikalie oder Reiniger ändert sich die Wirkung auf der Oberfläche (Abb. 2, rechts).
- Kontaktzeit:** Auch bei schlechten Löslichkeiten stellt sich ein chemisches Gleichgewicht ein. Kurzzeitiger Kontakt führt zu weniger gelöstem Glas als ein Langzeitkontakt. Das gilt sowohl für die Reinigung als auch für den Gebrauch im Labor.
- Temperatur:** Wie bei anderen Löslichkeitsreaktionen im Labor hat auch die Temperatur einen entscheidenden Einfluss. In der Regel gilt: Je höher sie ist, desto höher ist der Abtrag. Besonders macht sich dies bei der Reinigung bemerkbar, wo eine Erhöhung von 70 auf 100 °C zu einer Verzehnfachung des Abriebs führt (Abb. 2, Mitte).

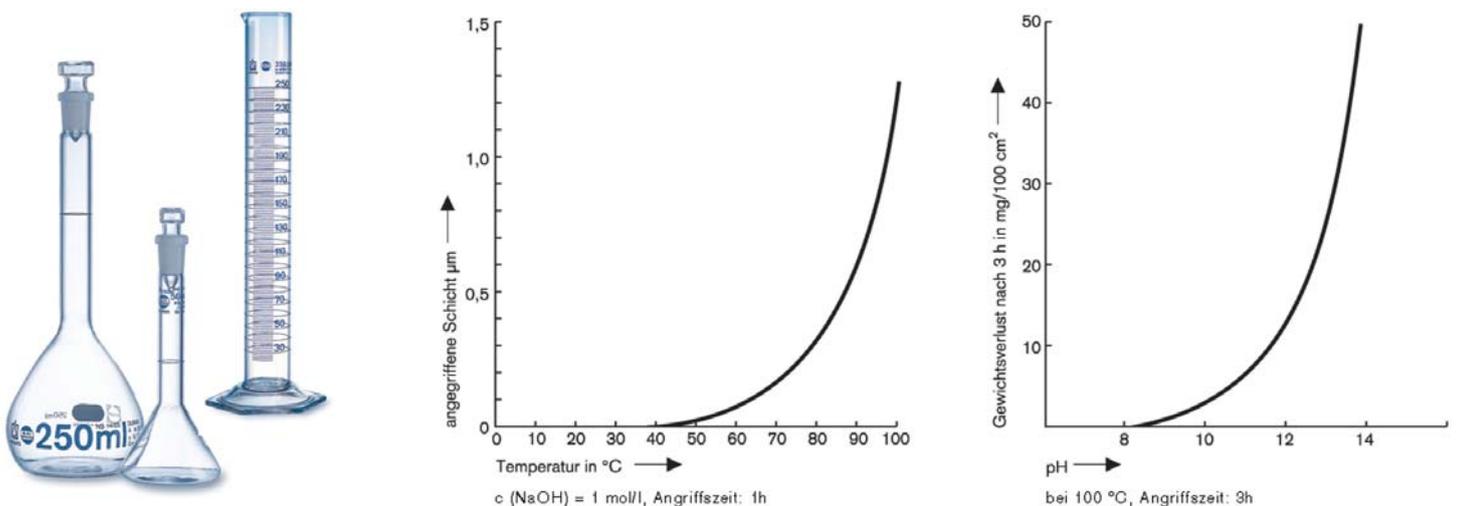


Abb. 2: Messgeräte aus DURAN®-Glas (links) und der Abtrag von DURAN®-Glas in Abhängigkeit von Temperatur (Mitte) und pH-Wert (rechts).

Alle zuvor genannten Faktoren führen zu einem Glasabtrag, so dass es durch den Abtrag auf der inneren Oberfläche im Laufe des Gebrauchs und der Häufigkeit der Reinigung zu einer Vergrößerung des Volumens kommt. Ab einem bestimmten Zeitpunkt ist es schließlich so groß, dass die bisher gebrauchten Volumenmessgeräte aus Glas nicht mehr einsatzfähig sind, da sie dann außerhalb der zulässigen Toleranzen sind und ersetzt werden müssen. Üblicherweise dauert dieser Abnutzungsprozess der Volumenmessgeräte aus Glas je nach Art und Häufigkeit der Anwendung zwischen 2 und 5 Jahren, in Einzelfällen kürzer oder länger. Selbst wenn der Meniskus immer noch gut eingestellt werden kann, weil die aufgedruckten oder eingebrannten Volumenmarken gut zu erkennen sind, kann durch die Abnutzung an der inneren Oberfläche das Volumen bereits festgelegte Fehlergrenzen (Abnutzungsgrenzen) überschritten haben.

Relevante ISO Normen

Das Überwachen von Prüf- und Messmittel ist für alle Labore sinnvoll und notwendig. Für die Labore, die nach GLP / GMP Standards arbeiten oder nach der Norm ISO 17025 akkreditiert bzw. ISO 9001 zertifiziert werden, ist eine regelmäßige Überwachung der Genauigkeit der Messmittel zwingend vorgeschrieben. Grundsätzlich sollte sichergestellt werden, dass verlässliche Analyseergebnisse in jedem analytischen Labor erzielt werden. Die Durchführung der Prüfung (Kalibrierung) von Volumenmessgeräten der Größen von 0,1 ml bis 10000 ml erfolgt nach der Norm DIN EN ISO 4787 gravimetrisch. Als Kalibrierflüssigkeit dient destilliertes oder entsalztes Wasser der Qualität 3 nach DIN ISO 3696. Die Luftfeuchte im Prüfraum muss zwischen 35 und 85 % liegen. Innerhalb dieses Bereichs darf das eingesetzte Hygrometer eine Messabweichung von höchstens 5 % besitzen. Auch der Luftdruck muss wegen des Auftriebs beim Wiegen bekannt sein und wird mit einem Barometer mit einer Messabweichung von maximal 1 kPa erfasst. Weitere wichtige Rahmenbedingungen sind in Tabelle 1 zusammengefasst:

Volumen [ml]	Anforderung an Waage			Abweichung des Thermometers zur Temperaturmessung der Kalibrierflüssigkeit [°C]
	Auflösung der Anzeige [mg]	Wiederholpräzision [mg]	Linearität [mg]	
$0,1 < V \leq 10$	0,1	0,2	0,2	0,2
$10 < V < 1000$	1	1	2	0,2
$1000 \leq V \leq 2000$	10	10	20	0,1
$V > 2000$	100	100	200	0,1

Tab. 1: Rahmenbedingungen für die Überwachung von Prüf- und Messmittel gem. DIN EN ISO 4757.

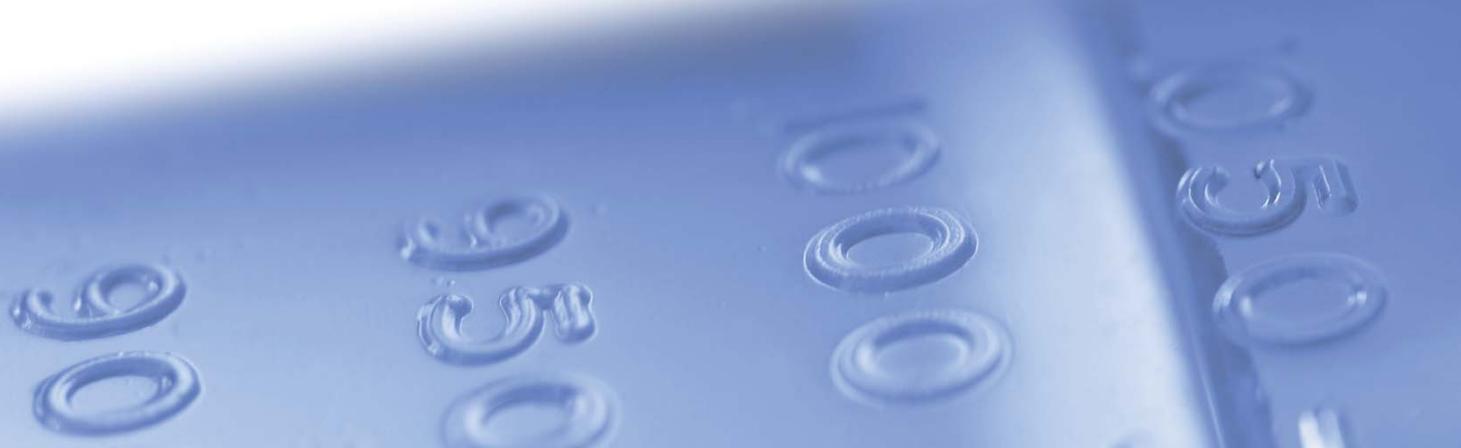
Zur Wägung wird empfohlen, das destillierte oder entionisierte Wasser von dem Volumenmessgerät in einen Erlenmeyerkolben aus Glas und mit Schlliff zu überführen. Das Volumen des Kolbens sollte dem des zu prüfenden Messgerätes angepasst werden.

Relevante USP und ASTM Normen

Eine gesonderte Betrachtung ist für Unternehmen, die Lebensmittel oder pharmazeutische Produkte für den amerikanischen Markt herstellen, notwendig. Diese werden von amerikanischen Behörden wie der FDA (Food and Drug Administration) auditiert und müssen damit den Vorgaben der USP (United States Pharmacopeia) Rechnung tragen. Das bedeutet zunächst den Einsatz von Volumenmessgeräten, die gemäß den Anforderungen nach Kapitel 31 der USP die Fehlergrenzen nach Klasse A der entsprechenden ASTM-Normen einhalten. Teilweise sind diese deutlich enger als die Fehlergrenzen der ISO Normen (Abb. 3). Die Überprüfung der USP-Volumenmessgeräte erfolgt gravimetrisch nach der DIN EN ISO 4787.



Abb. 3: 5 ml Vollpipette ISO (links) im Vergleich zur 5 ml Vollpipette USP (rechts).



Ablauf der Prüfmittelüberwachung (SOP)

Identifizierung:

Jedes Prüfmittel muss eindeutig identifiziert werden, d. h. die Art des Volumenmessgerätes und die entsprechende Chargennummer bzw. Seriennummer ist festzuhalten.

Visuelle Prüfung:

So werden die offensichtlich nicht mehr funktionsfähigen Volumenmessgeräte von den funktionsfähigen bzw. reinigungsbedürftigen getrennt. Beschädigungen am Volumenmessgerät wie etwa Risse im Messkolben oder teilweise abgebrochene Spitzen bei Voll- oder Messpipetten führen zu fehlerhaften Volumina. Volumenmessgeräte mit einer schlecht ablesbaren Graduierung bergen die Gefahr des fehlerhaften Ablesens des Meniskus (vgl. Abb. 4). Diese schadhaften Geräte sind nicht mehr funktionsfähig und müssen aussortiert werden. Verschmutzte Geräte sind vor einer Prüfung zu reinigen.

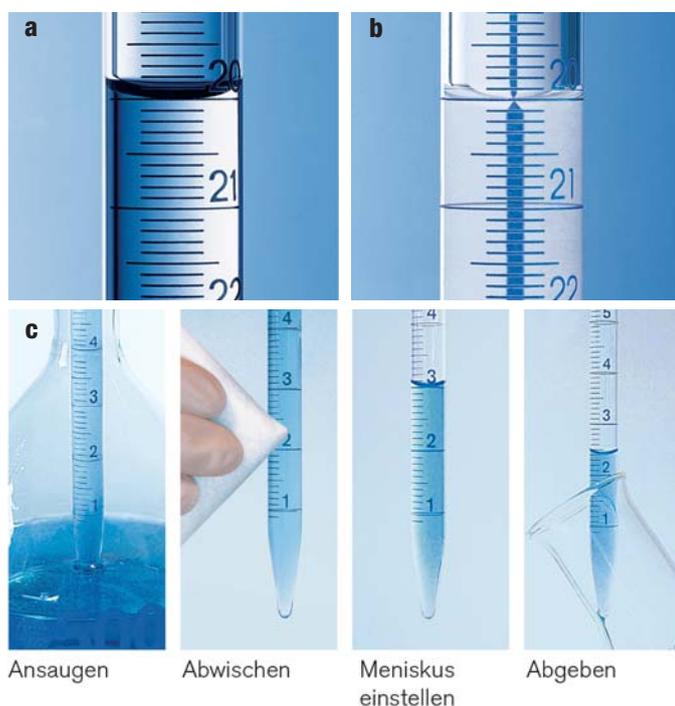


Abb. 4: Ablesen des Meniskus ohne (a) und mit Schellbachstreifen (b), sowie Arbeiten mit einer Messpipette (c).

Reinigen:

Je nach Verschmutzungsgrad ist eine unterschiedlich aufwendige Reinigung per Hand oder Maschine notwendig. Hinweise auf Sauberkeit liefert z. B. das Benetzungsverhalten von Wasser an der Oberfläche oder ein nicht gut ausgebildeter Meniskus. Perlt das Wasser einfach ab, ist beispielsweise die Bürette nicht sauber und liefert höhere Volumina. Auch wenn sich das Wasser bei Kontakt mit der Oberfläche verfärbt oder sich feste Rückstände bilden, ist ein erneutes Reinigen unabdingbar.

Prüfung 'In':

Die Volumenüberprüfung für die auf 'In' justierten Volumenmessgeräte (Messkolben, Eingussmesspipetten, Mess- und Mischzylinder) und für die Pyknometer braucht in der Regel nur einmal durchgeführt werden. Zunächst sind diese Messgeräte bei der Prüfung immer etwas über die gewünschte Messmarke zu befüllen. Anschließend wird die Kalibrierflüssigkeit je nach Messgeräteart durch Ablauf, Abstreifen, Absaugen oder Entnahme bspw. mit einer Transferpette® auf die gewünschte Marke eingestellt. Das Gewicht des leeren Messgerätes wird von dem des gefüllten subtrahiert ($I_L - I_B$). Über die Dichte ergibt sich somit das Volumen der Flüssigkeit bei der Markierung.

Prüfung 'Ex':

Für die Volumenüberprüfung der auf 'Ex' justierten Volumenmessgeräte (Büretten, Voll- und Messpipetten) empfiehlt es sich, diese dreimal durchzuführen. Auch sie werden zunächst über die Messmarke befüllt und anschließend durch Ablauf richtig eingestellt (Abb. 4). Danach ist die Kalibrierflüssigkeit in einen geeigneten Erlenmeyerkolben aus Glas zu überführen und zu verwiegen ($I_L - I_B$). Zu beachten sind bei auf 'Ex' justierte Volumenmessgeräte auch die Wartezeiten für Pipetten (5 s) und Büretten (30 s). In dieser Zeit läuft noch Kalibrierflüssigkeit nach, so dass bei Nichtbeachten ein zu geringes Volumen gemessen wird. Bei einer Titration kann die Wartezeit von 30 s bei den Büretten entfallen, da die Titration selbst üblicherweise bereits diese Zeit in Anspruch nimmt.

Auswertung:

Für die Auswertung gilt allgemein die vereinfachte Formel:

$$V_{20} = (I_L - I_B) \times Z$$

Eine Auflistung von Korrekturfaktoren Z kann der DIN EN ISO 4787 oder der frei verfügbaren SOP BLAUBRAND® (Abb. 5) entnommen werden. Diese sind notwendig, da sich das Nennvolumen V_{20} eines Volumenmessgerätes immer auf die Referenztemperatur 20 °C bezieht. Errechnen lässt sich der Korrekturfaktor (Z) je nach Bedingungen mit der folgenden Formel:

$$Z = \left(\frac{1}{\rho_W - \rho_A} \right) \left(1 - \frac{\rho_A}{\rho_B} \right) [1 - \gamma (t - 20 \text{ °C})]$$

ρ_B Dichte des Justiergewichtes,

ρ_A Luftdichte in Abhängigkeit von Luftdruck, Temperatur und Luftfeuchte,

ρ_W Wasserdichte in Abhängigkeit von der Temperatur,

γ Kubischer Ausdehnungskoeffizient in Abhängigkeit vom Werkstoff,

t Temperatur der Kalibrierflüssigkeit (destilliertes / entionisiertes Wasser).

BLAUBRAND®
 Volumenmessgeräte und Pyknometer

Prüfanweisung (SOP)
 März 2011

1. Einleitung

In der Norm DIN EN ISO 4787 werden sowohl der Aufbau als auch die Prüfung von Volumenmessgeräten aus Glas beschrieben. Diese Prüfanweisung ist die Übertragung dieser Norm in eine praxistaugliche Form.

Wir empfehlen alle 1-3 Jahre eine Überprüfung durchzuführen. Der Zyklus hängt von der Verwendung aggressiver Chemikalien und der Art der Reinigung ab.

Diese Prüfanweisung kann als Grundlage zur Prüfmittelüberwachung nach DIN EN ISO 9001, DIN EN ISO 10012 und DIN EN ISO/IEC 17025 verwendet werden.

Die Prüfung der Pyknometer erfolgt in Anlehnung an die DIN EN ISO 4787.

ISO
 9001:14001
 CERTIFIED

Abb. 5: Prüfanweisung (SOP) zur Prüfmittelüberwachung, welche zum freien Download auf www.brand.de zur Verfügung steht.

Ergebnis(se) einer Prüfmittelüberwachung und Zeitintervalle festlegen

Am Ende steht ein Ergebnis fest, das zusammen mit der Auswertung, den Einzelwerten und den entsprechenden Bedingungen in einem Protokoll festgehalten und mit Datum vom Prüfer unterschrieben wird. Das Entscheidungskriterium für den Prüfer, ob das jeweilige Volumensmessgerät noch weiterhin verwendet werden kann oder nicht, ist hierbei die Abnutzungsgrenze, welche je nach Prozess von einem Unternehmen festgelegt werden sollte. Das Einhalten dieser Abnutzungsgrenze bestätigt dem Unternehmen die Zuverlässigkeit der getroffenen Aussagen während der Zeit zwischen der letzten und der eben durchgeführten Prüfung. Überschreitet ein Gerät einen solchen Wert, müssen die Aussagen, die vom Zeitpunkt seit der letzten Prüfmittelüberwachung gemacht wurden, als nicht zuverlässig betrachtet und bewertet werden. Gegebenenfalls erfordert dies geeignete, aber zumeist kostenintensive Überprüfungen oder Korrekturmaßnahmen. Allerdings sollten die auf den Volumensmessgeräten aufgedruckten Fehlergrenzen in der Regel nicht als Werte für diese Abnutzungsgrenzen verwendet werden.

Je nach Anforderung kann jedes Unternehmen entscheiden, welcher Wert festgelegt wird. Als Startwert lassen sich Herstellerspezifikationen verwenden, wobei diese Werte in der Regel den mitgelieferten Zertifikaten zu entnehmen sind (Abb. 6). Hierbei muss beachtet werden, dass ein Einzelzertifikat, egal ob nach ISO oder USP, nur für das jeweilige Volumensmessgerät gilt und somit dies immer einzeln überprüft werden muss. Bei Verwendung von Volumensmessgeräten mit einem Chargenzertifikat ist es möglich, eine Stichprobe einzelner Messgeräte aus dieser Charge durchzuführen. Damit können Rückschlüsse auf die anderen Messgeräte der gleichen Bauart und Charge gezogen werden, wenn sie der gleichen Abnutzung unterliegen.

Bei eher unbekanntem oder neu installierten Prozessen bzw. Analysemethoden ist eine engmaschige Prüfmittelüberwachung notwendig. Erst mit den gesammelten Erfahrungen und Kenntnissen lässt sich eine Aufweitung der Zeitintervalle festlegen. Am kostengünstigsten nach Inbetriebnahme (Zertifikatswert) eines Volumensmessgerätes ist natürlich nur eine einzige Prüfung, bei der das Volumensmessgerät die Abnutzungsgrenze bald erreicht. Es kann hilfreich sein, eine Signalgrenze bei etwa 80 % der Abnutzungsgrenze festzulegen (z. B. 0,08 ml zu 0,10 ml). Das Überschreiten dieser Signalgrenze dient als Warnung, dass das Volumensmessgerät bald ausgetauscht werden muss. Gleichzeitig ist sie aber auch die Bestätigung, dass alle während der Einsatzzeit des Volumensmess-

rätes getroffenen Aussagen zuverlässig sind, und trägt zu einer effektiven und kostengünstigen Prüfmittelüberwachung bei.

Kalibrierung von Kolbenhubgeräten

Zu den Produkten dieser Gruppe (Beispiele siehe Abb. 7) zählen Kolbenhubpipetten mit Luftpolster (Luftpolsterpipetten, wie z. B. Transferpette® S) und ohne Luftpolster (Direktverdränger), Flaschenaufsatzdispenser, Mehrfachdispenser, Flaschenaufsatzbüretten und Dilutoren. Im Nachfolgenden werden ausschließlich Luftpolsterpipetten berücksichtigt, die in nahezu jedem Labor vorhanden sind und den größten Teil der zu kalibrierenden Kolbenhubgeräte ausmachen.

Die regelmäßige gravimetrische Kalibrierung dieser Geräte ist heute Routine. Sie dient dazu, Abweichungen des dosierten Volumens vom eingestellten Volumen zu ermitteln und mit den geforderten Fehlergrenzen für die systematische (Richtigkeit) und zufällige (Variationskoeffizient) Messabweichung zu vergleichen. Beschrieben wird die Kalibrierung in der DIN EN ISO 8655 Teil 2 und Teil 6, die seit 2002 Gültigkeit hat. Diese internationale Norm beschreibt detailliert die notwendigen Umgebungsbedingungen, die Durchführung der eigentlichen Prüfung und die abschließende Auswertung.

Die Umgebungsbedingungen spielen bei der Kalibrierung von Luftpolsterpipetten eine weitaus größere Rolle als bei anderen Liquid Handling Geräten. Unterschiede in der Temperatur, der relativen Luftfeuchtigkeit und dem Luftdruck führen zu stark schwankenden Resultaten. In den letzten Jahren haben sich einige neue Aspekte ergeben, die bei den Kalibrierungen berücksichtigt werden müssen und die in der DKD Richtlinie DKD-R 8-1 beschrieben werden.

Temperatur und Feuchtigkeit

Bevor mit der Kalibrierung begonnen werden kann, müssen Luftpolsterpipetten mindestens 2 Stunden im klimatisierten Messraum gelagert werden, um einen Temperatursgleich zu gewährleisten. Temperaturdifferenzen während der Kalibrierung zwischen dem Wasser, der Pipette und der Luft haben einen sehr großen Einfluss auf das Ergebnis. Während der Kalibrierung sollte die Differenz zwischen der Raum- und der Wassertemperatur $< 0,5 \text{ }^\circ\text{C}$ sein. Oft wird nicht berücksichtigt, dass durch die Verdunstung der Prüfflüssigkeit (Wasser der Qualität 3 nach DIN ISO 3696) aus dem Vorratsgefäß eine Abkühlung stattfindet, die bei den nachfolgenden Berechnungen berücksichtigt werden muss. Aus diesem Grund ist die Temperatur der Prüfflüssigkeit regelmäßig zu überwachen.

Qualitätszertifikat - Certificate of Performance Certificat de controle - Certificado de control	
Vollpipette, Volum. Pipettes, Pipettes Jaugees, Pipetas Aforadas BLAUBRAND, USP, AS, DIN EN ISO 648	
Best.-Nr./Cat. No./Réf./Ref.:	30607
Nennvolumen/Nominal volume: Volume nominal/Volumen nominal:	5.0 ml ①
Fehlergrenze/Error limit: Limite d'erreur/Limite de error:	± 0.0100 ml USP / ASTM E 969 ②
Chargen-Nr./Batch No.: Número del lote/Número del lote:	13.01
Mittelwert/Mean value: Valor moyenne/Valor medio:	4.9990 ml ③
Standardabweichung/Standard deviation: Ecart type/Desviación estándar:	± 0.0030 ml ④
Prüfmittel - Testing devices Instruments de contrôle - Instrumentos de medición	
Waage/Balance: 300400-25, 220g/0,00001 Balance/Balanza: 300400-25, 220g/0,00001 Die Kalibrierung erfolgt alle 3 Monate./The calibration is effected every 3 months. Le calibrage est effectué tous les 3 mois./El calibrado se efectúa cada tres meses.	
Gewichte/Weights: 800033-1, F1 (2015, DKD 11801, Nr. G2-349)	
Thermometer/Thermometer: 351000-3, 0-30°C/0,1°C Termómetro/Termómetro: 351000-3, 0-30°C/0,1°C (2024, EA Werth, Nr. 3119)	
20066 48316 Prüfer/Operator: Verificateur/Comprobador: <i>Sundal</i>	
Ausstellungsdatum/Date of issue: Date de délivrance/Fecha de exposición: 11-Mrz-2013	

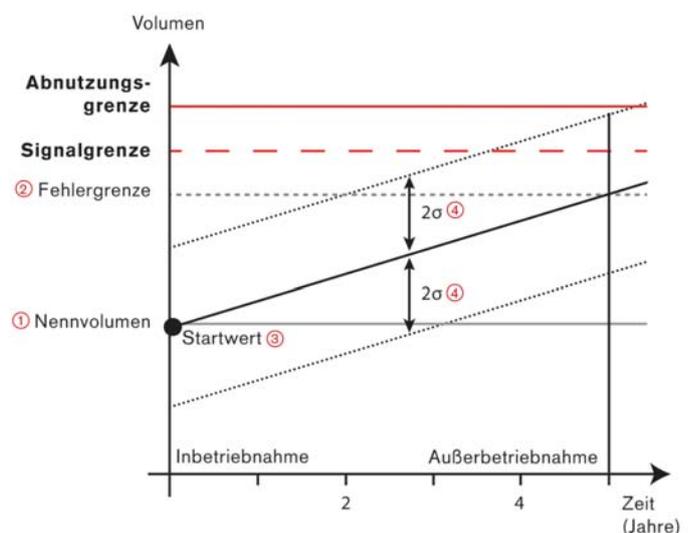


Abb. 6: Chargenzertifikat mit hervorgehobenen Werten (links) für ein schematisches Beispiel einer ca. 2 bis 5 jährigen Nutzung einer 5 ml BLAUBRAND® USP Vollpipette mit Beachten der 2-fachen Standardabweichung des Produktionsprozesses und einer Abnutzungsgrenze von 1,5 mal der Fehlergrenze, sowie einer Signalgrenze bei ca. 80 % der Abnutzungsgrenze (rechts).

Luftfeuchtigkeit

Die Verdunstung der Prüflüssigkeit in das Luftpolster der Pipette hängt von der relativen Luftfeuchtigkeit im Prüfraum ab. Die relative Luftfeuchtigkeit im Raum muss zwischen 45 und 60 % liegen.

Die ISO 8655 gibt vor, dass für jede Messung eine neue Pipettenspitze benutzt werden muss, die zuvor einmal vorbefeuchtet wurde. Von dieser Regelung kann nun abgewichen werden, d.h. das Arbeiten mit nur einer Spitze für die gesamte Prüfung ist zulässig. Der Hintergrund für diese Änderung ist, dass ein Spitzenwechsel das zuvor erreichte Gleichgewicht im Luftpolster teilweise wieder zerstört. Vorher muss das Gerät durch fünfmaliges Aufsaugen und Abgeben der Prüflüssigkeit konditioniert werden. Durch das Vorkonditionieren wird das Verdunsten von Flüssigkeit in das Luftpolster hinein reduziert.

Arbeitstechnik

Das Aufsaugen der Flüssigkeit und das Herausziehen der Spitze aus der Prüflüssigkeit sollten senkrecht erfolgen. Die Flüssigkeitsabgabe kann bei einem Winkel von 30 bis 45° stattfinden.

Die Eintauchtiefe und die Wartezeit in der Prüflüssigkeit sind abhängig vom Volumenbereich der Pipette (Tab. 2).

Volumenbereich µl	Eintauchtiefe mm	Wartezeit s
0,1 - 1	1 - 2	1
> 1 - 100	2 - 3	1
> 100 - 1000	2 - 4	1
> 1000	3 - 6	3

Tab. 2: Übersicht Eintauchtiefe und Wartezeit in Abhängigkeit vom Volumenbereich.

Nach dem Abstreifen der Spitze an der Gefäßwand, muss beim Zurückziehen des Kolbens sichergestellt sein, dass sich die Spitzenöffnung nicht zu nah am Meniskus der Flüssigkeit befindet, um die versehentliche Aufnahme von Flüssigkeit zu vermeiden.

Berechnungen

Die Berechnung gleicht dem im Teil „Volumenmessgeräte“ beschriebenen Verfahren. Der kubische Ausdehnungskoeffizient wird jedoch nicht berücksichtigt, da Kolbenhubpipetten herstellerabhängig aus unterschiedlichsten Materialien bestehen und die Werte von den Herstellern nicht definiert werden. Der Korrekturfaktor Z in Abhängigkeit von der Temperatur der Prüflüssigkeit und des Luftdruckes braucht auch hier nicht berechnet werden, sondern kann ebenfalls der ISO 8655 entnommen werden.



Abb. 7: HandyStep® S (links), Transferpette® S (Mitte), Transferpette®-12 electronic (rechts).

Gerne stehen wir Ihnen auch persönlich für eine Beratung zur Verfügung.



Robert-Hooke-Straße 8 · 28359 Bremen · Telefon 0421 / 1 75 99-0

www.omnilab.de · info@omnilab.de

Flexibel. Verlässlich. Persönlich.

30989 Gehrden / Hannover
Elbingeröder Straße 1
Telefon 05108 / 91 67-0

22143 Hamburg
Neuer Höltigbaum 30
Telefon 040 / 65 90 95-0

04416 Markkleeberg
Hauptstraße 130
Telefon 034299 / 7 56 91

VERTRIEBSBÜROS

Berlin
Telefon 03322 / 20 24 69

Braunschweig
Telefon 05308 / 69 38 64

Essen
Telefon 0201 / 1 05 46 34

Frankfurt
Telefon 0160 / 90 89 82 56

Göttingen
Telefon 05 51 / 6 94 02-16

Heidelberg
Telefon 0151 / 18 00 02 90

Kiel
Telefon 040 / 65 90 95 40

Magdeburg
Telefon 039292 / 6 56 51

Münster
Telefon 0421 / 17 59 93 24

Nürnberg
Telefon 089 / 6 92 57 18

Osnabrück
Telefon 0421 / 17 59 93 21

Rostock
Telefon 038455 / 2 23 29

Ruhrgebiet
Telefon 01520 / 1 66 98 00

Ulm
Telefon 089 / 6 92 57 18

Schubert & Weiss OMNILAB
81547 München
Fromundstraße 34
Telefon 089 / 6 92 57 18

OMNILAB baltic
1002, Riga / Lettland
Maza Nometnu iela 45A
Telefon +371 67 67 05 10

OMNILAB Laboratuvar
Malzemeleri San. ve Tic. Ltd. Sti.
35170 Mersinli / Izmir / Türkei
1201 / 1 Sk. No:2 Su Plaza
K:5 / 502
Telefon +90 232 4 69 42 44