

Pipettenprüfung mit gravimetrischer und photometrischer Methode: ein Vergleich

Pipette Check with Gravimetric and Photometric Method: A Comparison

K. H. Lochner^{1,2}

Zusammenfassung: Das photometrische ARTEL-Pipettenprüfsystem zur Prüfung von Kolbenhubpipetten wurde mit der gravimetrischen Pipettenprüfmethode an Pipetten der Größen 1 µl, 5 µl, 20 µl und 100 µl verglichen. Mit beiden Prüfverfahren wurden für die untersuchten Pipetten, innerhalb der Fehlergrenzen der beiden Methoden, übereinstimmende Ergebnisse erhalten. Bei den Volumina 1 µl und 5 µl wies das photometrische Prüfverfahren gegenüber dem gravimetrischen Prüfverfahren eine etwas geringere Streuung auf, charakterisiert durch kleinere Standardabweichungen bzw. Variationskoeffizienten. Dies läßt sich dadurch erklären, daß beim photometrischen Prüfverfahren, im Gegensatz zum gravimetrischen Prüfverfahren, kein Fehler durch Verdunstung und elektrostatische Aufladung auftritt. Der Zeitaufwand für das gravimetrische Prüfverfahren war gegenüber dem ARTEL-Pipettenprüfsystem (nur für die Messungen) etwa 4 - 7 mal so hoch. Von fünf Testpersonen wurde das ARTEL-Pipettenprüfsystem, im Vergleich zum gravimetrischen Prüfverfahren, übereinstimmend als wesentlich einfacher und schneller durchführbar beurteilt. Das ARTEL-Pipettenprüfsystem ist somit im Bereich der untersuchten Volumina ($\leq 100 \mu\text{l}$) eine von der Genauigkeit gleichwertige, jedoch einfachere und schneller durchführbare Alternative zum gravimetrischen Prüfverfahren.

Schlüsselwörter: Kolbenhubpipetten; Zertifizierung; Volumetrie; Spektrophotometrie.

Summary: The photometric ARTEL Pipette Calibration System for the calibration of piston-operated pipettes was compared with the gravimetric calibration method using pipettes of 1 µl, 5 µl, 20 µl and 100 µl. The two systems yielded results for the pipettes in question that were within the tolerance range and that agreed completely with those of the other system. With 1 µl and 5 µl the photometric calibration system demonstrated less variation than the gravimetric method, characterized by lower standard deviations or co-

efficients of variation. This may be explained by the absence of evaporation and electrostatic effects as sources of error. The time required for calibrating pipettes with the gravimetric method was 4-7 times longer than that required for the ARTEL system.

Five test persons unanimously evaluated the performance of the ARTEL Pipette Calibration System as being considerably simpler and faster than the gravimetric testing method. In the range of the smaller volumes studied ($\leq 100 \mu\text{l}$), the ARTEL Pipette Calibration System is an easier and faster alternative to the gravimetric testing method and is just as accurate.

Keywords: Piston Pipettes; Certification; Volumetry; Spectrophotometry.

Kolbenhubpipetten mit Luftpolster werden in großer Zahl in Laboratorien, insbesondere der Lebensmittelchemie, Biochemie, klinischen Chemie und der Molekularbiologie, zum Übertragen von Flüssigkeitsmengen eingesetzt. Die Entwicklung der heutigen Kolbenhubpipette war eine Grundvoraussetzung für das Arbeiten im Mikroliterbereich. Durch die bequeme Handhabbarkeit dieser kleinen Volumina wurde die Entwicklung vieler Methoden in den Biowissenschaften, in der chemischen Analytik und in der klinischen Chemie überhaupt erst möglich. Um sicherzustellen, daß die Meßgenauigkeit und Funktionssicherheit von Kolbenhubpipetten nicht nur zum Zeitpunkt ihrer Herstellung, sondern auch darüber hinaus gewährleistet ist, müssen diese regelmäßig überprüft und gewartet werden. So müssen nach ISO 9001 zertifizierte Untersuchungslaboratorien im Rahmen der Qualitätssicherung eine regelmäßige Prüfmittelüberwachung durchführen. Dazu zählt auch die Prüfung der Meßgenauigkeit von Kolbenhubpipetten.

Diese Prüfung wird meistens gravimetrisch nach DIN 12650-6 [1], seltener photometrisch nach DIN 12 650-7 [2] durchgeführt. Die gravimetrische Prüfung ist zwar bei größeren Volumina ($> 20 \mu\text{l}$) sehr genau, aber auch sehr aufwendig und zeitintensiv. Das Volumen des Wassers wird aus dem Wägewert nach Luftauftriebskorrektur durch Division durch die Wasserdichte erhalten. Da diese temperaturabhängig ist, muß die Temperatur des Wassers mit einer Genauigkeit von

¹Fraunhofer-Institut-Silicاتفorschung

²Korrespondenzadresse: Dr. Karl Heinz Lochner, Fraunhofer-Institut-Silicاتفorschung, Außenstelle Bronnbach, Bronnbach 28, D-97877 Wertheim. Fax: +49-931-4100-799

Eingegangen: 19. Januar 1998 / Angenommen: 30. April 1998

$\pm 0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ ermittelt werden. Für die Luftauftriebskorrektur müssen Luftdruck und Lufttemperatur bestimmt werden. Am einfachsten erfolgt die Umrechnung vom Wägewert in das Wasservolumen mit Hilfe des in DIN 12650-6 tabellierten Korrekturfaktors z , der Luftauftrieb und Wasserdichte berücksichtigt.

Beim Pipettieren und während der Wägung verursacht die Verdunstung des Wassers einen Fehler, der sich um so stärker auswirkt, je kleiner das zu prüfende Volumen ist. Für die genaue Volumenbestimmung muß die Verdampfung des Wassers während des Pipettierens und während der Wägung durch eine rechnerische Korrektur berücksichtigt oder durch sogenannte Verdunstungsfallen unterdrückt werden [3, 4]. Eine weitere Fehlerquelle stellt die elektrostatische Aufladung des Wägegutes dar. Bei der Verwendung von Mikrowaagen tritt diese Beeinträchtigung besonders stark auf. Verdunstung und elektrostatische Aufladung verursachen daher vor allem bei der Prüfung kleiner Volumina Meßfehler.

Bei photometrischen Messungen tritt dagegen praktisch kein Verdunstungsfehler und kein Fehler durch elektrostatische Aufladung auf. Photometrische Messungen beruhen auf der Proportionalität der Extinktion E zur Konzentration c eines Chromophors (Farbstoffes) und der Weglänge des Lichtes d in der Küvette (Lambert-Beersches Gesetz). Bei der photometrischen Pipettenprüfung wird mit der Pipette ein Volumen V_p der Prüflösung in ein bekanntes Volumen Blindlösung V_B pipettiert. Die Prüflösung enthält eine bekannte Konzentration eines Farbstoffes C_S . Nach Zugabe der Prüflösung zur Blindlösung werden beide gut gemischt und die Änderung der Extinktion ΔE gemessen.

$$\Delta E = \frac{V_p}{V_p + V_B} \cdot \varepsilon \cdot c \cdot d$$

Bei Verwendung eines Photometers mit geringem Rauschen und hoher photometrischer Genauigkeit läßt sich bei Volumenbestimmungen erreichen, daß der Gesamtfehler weniger als 0,5 - 1,0% beträgt. Dieser ist zwar höher als der Fehler der gravimetrischen Bestimmungsmethode, dafür aber unabhängig von der Größe des zu bestimmenden Volumens. Da sich andererseits Verdunstungsfehler und Fehler durch elektrostatische Aufladung bei der gravimetrischen Bestimmung um so stärker auswirken, je kleiner die zu messenden Volumina sind, ist zu erwarten, daß im Bereich kleiner Volumina die photometrische Messung gegenüber der gravimetrischen Messung eine höhere Genauigkeit aufweist.

In DIN 12650-7 wird das photometrische Prüfverfahren in den Grundzügen beschrieben.

Darin werden an den zur photometrischen Prüfung verwendeten Farbstoff eine Reihe von Anforderungen gestellt.

1. Der Farbstoff muß im angewandten Konzentrationsbereich das Lambert-Beersche-Gesetz erfüllen, d.h., er darf nicht dissoziieren oder Aggregate bilden.
2. Sein Extinktionskoeffizient sollte eine möglichst geringe pH- und Temperaturabhängigkeit besitzen.
3. Der Farbstoff sollte ein breites Absorptionsmaximum besitzen.
4. Der Farbstoff sollte möglichst lichtbeständig und beständig gegenüber mikrobiellem Abbau sein.

Außerdem muß der Farbstoff wasserlöslich sein und darf die Oberflächenspannung des Wassers nicht beeinflussen, da die Farbstofflösung die gleichen Benetzungseigenschaften gegenüber der Kunststoffspitze wie reines Wasser aufweisen muß.

Manche dieser Anforderungen lassen sich nur durch chemische Zusätze erfüllen. Es ist aufwendig, einen geeigneten Farbstoff und Zusätze zu finden, mit denen alle diese Forderungen erfüllt werden. Die Konzentration der Farbstofflösung muß mit hoher Genauigkeit eingehalten und die in den Küvetten vorgelegte Blindlösung sehr genau dosiert werden. Für die beim Pipettieren zu erwartenden Farbstoffkonzentrationen müssen zur Herstellung einer Kalibrierkurve an exakt hergestellten Verdünnungen die Extinktionswerte ermittelt werden.

Dieser Aufwand kann durch Verwendung eines photometrischen Prüfsystems vermieden werden, das aus einem Photometer besteht und die Reagenzien und mit Blindlösung präzise gefüllte Küvetten enthält (ARTEL PCS PIPETTE CALIBRATION SYSTEM, s. u.). Durch die vorliegende Untersuchung sollte festgestellt werden, ob mit dem photometrischen Pipettenprüfsystem der Firma ARTEL und dem gravimetrischen Prüfverfahren, innerhalb der Fehlergrenzen der beiden Methoden, bei der Prüfung von Kolbenhubpipetten im Nennvolumenbereich von 1 - 100 μl die gleichen Ergebnisse erhalten werden.

Außerdem wurde ein Vergleich hinsichtlich des Zeitaufwandes und der Praktikabilität zwischen der Prüfung mit der gravimetrischen Methode und dem ARTEL-Pipettenprüfsystem vorgenommen.

Methoden

Es wurden vier Pipetten mit den Volumina 1, 5, 20 und 100 μl geprüft. Je Pipettengröße und Prüfmethode wurde eine Meßreihe bestehend aus mindestens 20 Einzelmessungen durchgeführt. Dies wurde zweimal wiederholt, um die Reproduzierbarkeit der Ergebnisse zu überprüfen. Nach jedem Durchgang wurden für jede Pipette und für beide Methoden die statistischen Kennzahlen Mittelwert, Standardabweichung und Variationskoeffizient (relative Standardabweichung in %) berechnet.

Um den Zeitaufwand der beiden Methoden zu vergleichen, wurde die Zeit ermittelt, die jeweils mit den beiden Methoden für eine Prüfung einer Pipette bei je 10 Messungen pro Pipette benötigt wurde.

Nicht standardisierte Abkürzungen: NIST, National Institute of Standards and Technology; s, Standardabweichung; VK, Variationskoeffizient.

Das ARTEL-Photometer und die beiden Waagen befanden sich nebeneinander in einem Raum und wurden zusammen mit den Pipetten und den Prüflösungen temperiert, wobei der Temperaturunterschied der Prüflösungen gegenüber der Raumtemperatur höchstens 1 K betragen durfte. Für die Prüfung der 20- μ l- und der 100- μ l-Pipette wurde eine Halbmikrowaage mit einer Auflösung von 10 μ g, für die Prüfung der 1- μ l- und der 5-ml-Pipette eine Mikrowaage mit einer Auflösung von 1 μ g benutzt. Die Waagen und das ARTEL-Photometer wurden täglich vor Beginn der Messungen kalibriert.

Gravimetrische Prüfung

Die zu prüfende Pipette wurde vor Beginn der Meßreihe fünfmal vorbefeuchtet (konditioniert) sowie einmal nach jedem Spitzenwechsel.

Bei der gravimetrischen Methode wurde in Übereinstimmung mit DIN 12 650-6 immer das von der Pipette *abgegebene* Volumen und nicht das von der Pipette *aufgenommene* Volumen erfaßt. Beim Pipettieren bleiben manchmal winzige Tröpfchen in der Pipettenspitze zurück. Dadurch ist das abgegebene Volumen kleiner. Das darauffolgende pipettierte Volumen ist, bedingt durch die höhere Feuchte des Luftpolders, größer. Da beim Wegwägen der erste Effekt nicht erfaßt wird, wird hierdurch eine kleinere Standardabweichung, d. h. eine geringere Streubreite als beim normalen Pipettieren vorliegt, vorgetäuscht. Aus diesem Grund und da Kolbenhubpipetten auf Ablauf justiert sind, werden in DIN 12650-6 Zuwägeverfahren vorgeschrieben.

Für die 100- μ l-Pipette wurden zur Wägung der abgegebenen Flüssigkeitsmengen Schnapptiegelgläschen mit Kunststoffdeckel eingesetzt, in den zum Druckausgleich eine Bohrung mit einem Durchmesser von 0,5 mm angebracht wurde. Ohne Druckausgleich können, durch unterschiedliche Kompression des Luftvolumens beim Aufsetzen des Deckels, Schwankungen des Wägewertes von einigen Zehntel Milligramm auftreten. Innerhalb einer Wägedauer von einer Minute war bei diesem Gefäß mit einer Halbmikrowaage keine Verdunstung nachweisbar. Volumina ≤ 20 μ l wurden in tarierte Einmal-Kapillarpipetten pipettiert und der Wägewert nach genau einer Minute abgelesen. Die bei der Wägung mit Einmal-Kapillarpipetten in einer Minute auftretende Verdunstung wurde in einem Vorversuch bestimmt und bei der Auswertung berücksichtigt.

Photometrische Prüfung mit dem ARTEL-Pipettenprüfsystem

Die Firma ARTEL, 35 Bradley Drive, Westbrook, Maine, USA, vertreten in Deutschland durch Herrn Paul Lebeau, Herzog-Wolfgang-Str. 23, Meisenheim, vertreibt ein System zur photometrischen Prüfung von Kolbenhubpipetten (ARTEL PCS PIPETTE CALIBRATION SYSTEM). Laut Herstellerangabe ist die Rückführbarkeit der damit erhaltenen Ergebnisse an nationale metrologische Standards der USA (NIST)

gewährleistet. Das System besteht aus einem besonders genauen Photometer mit geringem Rauschen und fertigen Reagenzlösungen, sowie verschiedenen Standards zur Kalibrierung des Photometers. Mit diesem System können, laut Herstellerangabe, Kolbenhubpipetten im Volumenbereich von 0,1 bis 5000 μ l geprüft werden.

Bei diesem Verfahren wird zuerst die Extinktion der in einer zylindrischen Küvette befindlichen Blindlösung (Kupferchlorid) bei 730 nm ermittelt. Da durch diese Messung die Länge des Lichtpfades in der Küvette bestimmt wird, darf bei den folgenden Messungen die Position der Küvette im Gerät nicht mehr verändert werden. Mit der zu prüfenden Pipette wird eine Farbstofflösung in die Küvette pipettiert und nach gründlicher Durchmischung mit einem eingebauten Mischer die Extinktion bei 520 nm gemessen. Das Pipettieren erfolgte genauso wie bei der gravimetrischen Methode.

Die Farbstofflösung besteht aus dem organischen Farbstoff Ponceau S (Absorptionsmaximum 520 nm), einem Puffer zur Stabilisierung des pH-Wertes sowie einem Konservierungsmittel, um den Abbau des Farbstoffes durch Mikroben zu verhindern. Je nach dem zu untersuchenden Volumenbereich der Pipette stehen Farbstofflösungen mit verschiedenen Konzentrationen zur Verfügung. Eine Aggregatbildung von Farbstoffmolekülen, die die Gültigkeit des Lambert-Beerschen-Gesetzes einschränken würde, wird durch Zusatzstoffe verhindert.

Nach dem Durchmischen von Blind- und Farbstofflösung und der Extinktionsmessung zeigt das Gerät das Ergebnis an. Anschließend kann sofort wieder in dieselbe Küvette pipettiert werden. Je nach dem zu prüfenden Pipettenvolumen ist dies maximal 22-mal möglich. Der Prüfer bestimmt durch einfaches Unterbrechen der Prüfung, wie viele Messungen pro Pipette durchgeführt werden. Nach Unterbrechen der Prüfung wird sofort ein Bericht vom Gerät ausgedruckt, der die Anzahl der Messungen, den Mittelwert, die Standardabweichung, den Variationskoeffizienten und die Unrichtigkeit beinhaltet. Die Messungen mit dem ARTEL-Photometer wurden entsprechend der Bedienungsanleitung durchgeführt.

Ergebnisse und Diskussion

Genauigkeit und Streuung

Tab. 1 zeigt die Ergebnisse des Vergleichs zwischen der gravimetrischen Methode und dem photometrischen ARTEL-Pipettenprüfsystem. Es wurden mit jeder Pipette drei Meßreihen gravimetrisch und drei Meßreihen mit dem ARTEL-Pipettenprüfsystem durchgeführt. Jede Meßreihe bestand aus ca. 20 - 22 Einzelmessungen. Zu jeder Meßreihe sind der Mittelwert, die Standardabweichung und der Variationskoeffizient angegeben. Zum Vergleich der beiden Methoden wurden die Ergebnisse der drei Meßreihen der beiden Methoden für die jeweilige Pipette nochmals ge-

Tabelle 1 Vergleich der gravimetrischen Methode und dem photometrischen ARTEL Pipettenprüfsystem.
s, Standardabweichung; VK, Variationskoeffizient

Gravimetrische Prüfung			ARTEL-Pipettenprüfsystem		
\bar{x}	s	VK	\bar{x}	s	VK
<i>Pipette: Volumen 10-100 μl, gelbe Spitze</i>					
99,47 μ l	0,21 μ l	0,21%	99,5 μ l	0,16 μ l	0,16%
99,51 μ l	0,40 μ l	0,40%	99,6 μ l	0,27 μ l	0,27%
99,89 μ l	0,18 μ l	0,18%	99,6 μ l	0,21 μ l	0,21%
Mittelwerte					
99,62 μ l	0,26 μ l	0,26%	99,57 μ l	0,21 μ l	0,21%
<i>Pipette: Volumen 2-20 μl, Kristallspitze</i>					
19,80 μ l	0,051 μ l	0,26%	19,79 μ l	0,048 μ l	0,24%
19,86 μ l	0,052 μ l	0,26%	19,84 μ l	0,056 μ l	0,28%
19,89 μ l	0,048 μ l	0,24%	19,95 μ l	0,046 μ l	0,23%
Mittelwerte					
19,85 μ l	0,050 μ l	0,25%	19,86 μ l	0,050 μ l	0,25%
<i>Pipette: Volumen 5 μl, gelbe Spitze</i>					
5,01 μ l	0,059 μ l	1,18%	5,00 μ l	0,044 μ l	0,88%
5,03 μ l	0,052 μ l	1,04%	5,00 μ l	0,046 μ l	0,91%
5,03 μ l	0,047 μ l	0,94%	5,04 μ l	0,040 μ l	0,80%
Mittelwerte					
5,02 μ l	0,053 μ l	1,05%	5,01 μ l	0,043 μ l	0,86%
<i>Pipette: Volumen 0,1-1 μl, Kristallspitze</i>					
1,002 μ l	0,0098 μ l	0,98%	1,012 μ l	0,0048 μ l	0,47%
1,006 μ l	0,0070 μ l	0,70%	1,02 μ l	0,0044 μ l	0,43%
1,011 μ l	0,0085 μ l	0,84%	1,013 μ l	0,0075 μ l	0,74%
Mittelwerte					
1,006 μ l	0,0085 μ l	0,84%	1,012 μ l	0,0056 μ l	0,55%

mittelt und gegenübergestellt. In Abb. 1 und Abb. 2 sind die Variationskoeffizienten für die beiden Prüfverfahren in Abhängigkeit von der Pipettengröße dargestellt.

Die vorliegenden Ergebnisse zeigen, daß mit dem ARTEL-Pipettenprüfsystem und der gravimetrischen Methode bei Pipetten im Volumenbereich von 1 bis 100 μ l innerhalb der Meßfehlergrenzen das gleiche Volumen erhalten wird.

Die jeweiligen Mittelwerte unterscheiden sich praktisch nicht. Hinsichtlich der Standardabweichung und des Variationskoeffizienten, die ein Maß für die Streuung der Meßwerte darstellen, zeigt sich bei kleinen Volumina ≤ 5 μ l eine leichte Überlegenheit des photometrischen Verfahrens. Dies läßt sich durch die Beeinträchtigung der gravimetrischen Methode durch Verdunstung sowie elektrostatische Aufladung erklären. Bei der photometrischen Methode treten diese Einflüsse dagegen nicht auf.

Zeitbedarf der beiden Methoden

Für beide Methoden wurde jeweils der Zeitbedarf für 10 Einzelmessungen ermittelt. Die Auswertung der gravimetrischen Prüfung erfolgte mit einem Taschenrechner. Da bei der ARTEL-Pipettenprüfmethode die

Auswertung vom Gerät mit seiner eigenen Software erfolgte und für die gravimetrische Prüfung eine entsprechende Software nicht vorhanden war, wurde für den Zeitvergleich nur die Zeit für die Durchführung der Messungen (ohne die Auswertezeit) herangezogen. Mit dem ARTEL-Pipettenprüfsystem wurden für Meßreihen von 10 Einzelwerten, je nach Erfahrung und Pipettierhythmus des Prüfers, Zeiten zwischen 3,5 und 5 Minuten benötigt. Bei der gravimetrischen Bestimmung waren dagegen Zeiten zwischen 19 und 25 Minuten erforderlich.

Bei der photometrischen Methode erstreckt sich der Zeitbedarf im wesentlichen auf das Pipettieren, da die photometrische Messung größtenteils während des nachfolgenden Pipettiervorganges automatisch vom Gerät durchgeführt wird. Bei der gravimetrischen Bestimmung muß dagegen zuerst das leere Gefäß auf die Waagschale gebracht und tariert werden. Anschließend kann in das Gefäß pipettiert werden. Dazu muß das Gefäß von der Waagschale genommen, geöffnet, nach dem Pipettieren wieder verschlossen und anschließend auf die Waagschale gestellt werden. Bei der Verwendung von Kapillaren entfällt zwar das Öffnen und Verschließen, jedoch erfordert hier das eigentliche Pipettieren etwas mehr Zeitaufwand, da mit der Pipetten-

Abbildung 1 Variationskoeffizienten der gravimetrischen Methode in Abhängigkeit vom geprüften Pipettenvolumen

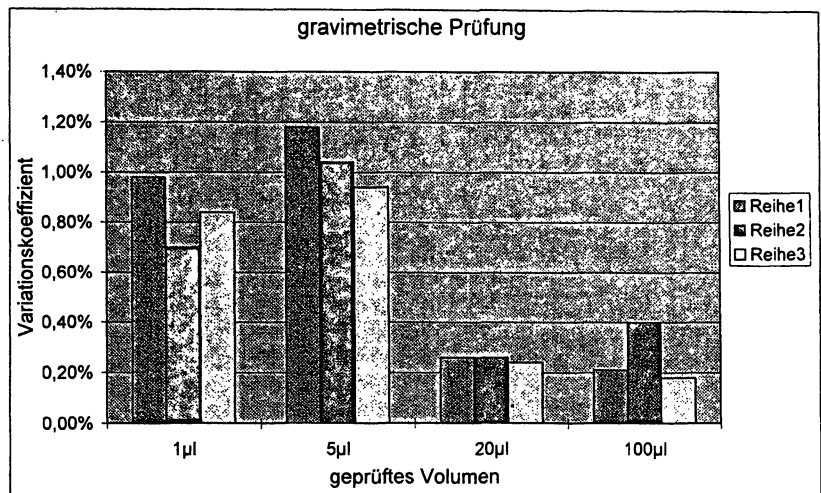
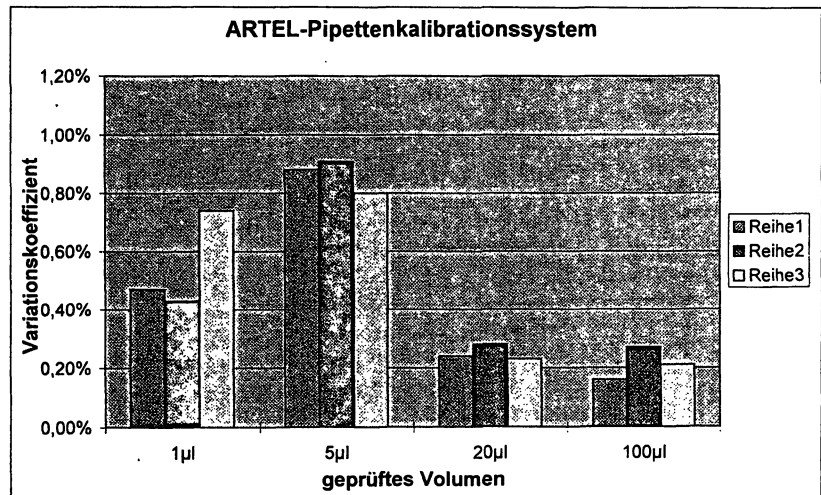


Abbildung 2 Variationskoeffizienten des ARTEL-Pipettenprüfsystems in Abhängigkeit vom geprüften Pipettenvolumen



spitze in die kleine Öffnung einer Kapillare pipettiert werden muß. Bis von der Waage ein Ergebnis angezeigt wird, vergeht eine Einschwingzeit von etwa 15 Sekunden. Bei Verwendung von verschleißbaren Wägegefäßen, bei denen keine Verdunstungskorrektur erforderlich war, konnte dann sofort der angezeigte Wert übernommen werden. Bei Kapillaren, die an beiden Enden offen sein müssen, ist eine merkliche Verdunstung vorhanden, die berücksichtigt werden muß. Die Verdunstung wurde jeweils vor jeder Meßreihe bestimmt.

Insbesondere bei der Verwendung der Mikrowaage machte sich zusätzlich das Auftreten von elektrostatischen Aufladungen störend bemerkbar. Durch die Festlegung der Wägezeit auf exakt eine Minute, beginnend ab dem Pipettieren in die Kapillare, konnte ein Großteil der elektrostatischen Aufladung abgebaut und die Verdunstung auf einfache Weise rechnerisch

berücksichtigt werden. Da bei der photometrischen ARTEL-Pipettenprüfmethode diese Einschränkungen nicht auftreten und zudem fertige, genau eingestellte Reagenzlösungen verwendet werden, ist diese Methode wesentlich schneller.

Handhabung

Die Handhabung des ARTEL-Pipettenprüfsystems wurde von mehreren Testpersonen übereinstimmend als einfach und leicht, das gravimetrische Verfahren dagegen als umständlich und schwierig beurteilt. Beim gravimetrischen Verfahren müssen neben dem Pipettieren und Wägen auch die Luft- und Wassertemperatur und der Luftdruck gemessen werden, da diese Größen für die Volumenberechnung benötigt werden. Beim ARTEL-Pipettenprüfsystem wird vom Bediener des Gerätes keine dieser Messungen verlangt. Die für

die photometrischen Messungen nötige Korrektur bei Temperaturänderungen wird vom Gerät selbst durchgeführt.

Fazit

Das ARTEL-Pipettenprüfsystem stellt vor allem für kleine Volumina (1- 100 µl), eine sehr einfach durchzuführende Alternative zur gravimetrischen Methode dar. Den Kosten für das Photometer und die Lösungen stehen deutlicher Zeitgewinn und einfache Handhabung gegenüber. Ein Vergleich der Wirtschaftlichkeit soll hier nicht vorgenommen werden, da diese von verschiedenen Faktoren, wie z. B. Zahl der zu prüfen-

den Pipetten, Prüfintervall usw., abhängt und daher von jedem Anwender selbst zu beurteilen ist.

Literatur

1. DIN 12 650-6: Volumenmeßgeräte mit Hubkolben. Gravimetrische Prüfung der meßtechnischen Zuverlässigkeit. Berlin (DE): Beuth-Verlag, 1981.
2. DIN 12 650-7, Entwurf: Volumenmeßgeräte mit Hubkolben. Photometrische, titrimetrische und mit Meßgefäßen durchgeführte Prüfung der meßtechnischen Zuverlässigkeit. Berlin (DE): Beuth-Verlag, 1983.
3. Michel, F, Sommer K, Spieweck F. Untersuchungen zur Ermittlung der Meßunsicherheit von Kolbenhubpipetten mit Volumina von 1 µl bis 50 µl. PTB-Mitteilungen 1995;105:412-5.
4. Lochner KH, Ballweg T, Fahrenkrog HH. Untersuchungen zur Meßgenauigkeit von Kolbenhubpipetten mit Luftpolster. J Lab Med 1996;20:430-40.

Mit roTEG in eine neue Ära der Vollblut-Gerinnungsanalyse/Thrombelastographie

Die klassische Thrombelastographie (TEG) ist eine bereits 1948 von *Hartert* entwickelte Methode zur Vollblut-Gerinnungsanalyse. Das klassische Thrombelastogramm wurde als nicht aktivierte Messung durchgeführt, lieferte einen Überblick über das Gerinnungssystem und erfaßte sehr empfindlich das Gleichgewicht zwischen Aktivierung und Inhibition in der Probe. Die Messungen waren bisher allerdings sehr zeitaufwendig und lieferten wenig spezifische Informationen. Darüber hinaus erforderte das Meßsystem eine intensive Einarbeitung, wobei besonders auf eine ganze Reihe technischer Details geachtet werden mußte. Aus diesen Gründen sank in den späten 70er Jahren die Beliebtheit der TEG.

Vor einigen Jahren gewann die TEG jedoch, vor allem durch zahlreiche und zum Teil richtungsweisende Studien, wieder zunehmend an Bedeutung, obwohl die Instrumente bisher kaum verbessert wurden und die Nachfrage nach einem TEG-System, das nicht die bekannten Nachteile der konventionellen Technologie hat, sehr groß ist.

Die Zielsetzung bei der Entwicklung des **roTEG-Systems**, eines neuen Rotations-Thrombelastographen, war daher, ein System zu konstruieren, daß **schnell und funktionell** die Gerinnung untersucht, **spezifische Ergebnisse** liefert, **leicht zu handhaben** und **transportabel** ist, d.h. die Vorteile der TEG-Messung nutzen zu können, ohne die bekannten Nachteile der klassischen Thrombelastographen „in Kauf“ nehmen zu müssen.

Das **roTEG-System** basiert auf der klassischen Thrombelastographie. Bei dem neu entwickelten Meßverfahren wird das Abtastsystem jedoch von einem Kugellager geführt, das die Freiheitsgrade auf **Rotation (roTEG)** begrenzt und somit die Stoßanfälligkeit des klassischen Verfahrens eliminiert. Während der Messung wird eine Blutprobe zur Gerinnung gebracht und die Gerinnungsbildung und -festigkeit kontinuierlich aufgezeichnet. Jede Messung liefert somit - wie das klassische Thrombelastogramm - Informationen über die **Gerinnungszeit**, die **maximale Festigkeit** des Gerinnsels, die **Dynamik des Gerinnungsprozesses** und über eine eventuelle **Auflösung des Gerinnsels**.

Durch die Verwendung einer elektronisch gesteuerten Startpipette sind selbst ungeübte Personen schon nach kurzer Einarbeitungszeit in der Lage, das Gerät zu bedienen und präzise Messungen durchzuführen.

Bei der klassischen Thrombelastographie setzt die Gerinnungsbildung erst nach 10 - 20 Minuten ein, aussagekräftige Ergebnisse werden somit erst nach 45 - 60 Minuten erzielt. Die Messungen sind demzufolge sehr zeitaufwendig. Deshalb wurden für das **roTEG-System** aktivierte Tests entwickelt. Die Gerinnung setzt hier bereits nach ca. einer Minute ein (z.B. **ExTEG** = extrinsische Aktivierung). Innerhalb von 10 Minuten kann dadurch die Fähigkeit des Blutes ein festes Gerinnsel zu bilden vor Ort beurteilt werden. Mit weiteren spezifischen Aktivatoren werden zusätzliche Informationen zu den einzelnen Bereichen des Gerinnungssystems geliefert.

Das **roTEG-System** besitzt **vier Kanäle** für parallele Messungen und eine **automatische Computerauswertung**. Die Messungen werden auf einem Farbbildschirm angezeigt, automatisch gespeichert und können ausgedruckt werden.

Mit dem **roTEG-System** können viele verschiedene Aspekte der Blutgerinnung mit einem Gerät funktionell erfaßt werden.

Sollten Sie an weiteren Informationen interessiert sein, fragen Sie nach dem „roTEG-Folder“ bei:

NOBIS Labordiagnostica GmbH, Elsässer Str. 18, D-79346 Eendingen (Tel. 07642/9055-0, Fax 07642/9055-44).

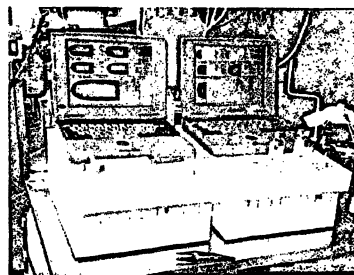
mit

roTEG



in eine neue Ära

*der Vollblut-
Gerinnungsanalyse/
Thrombelastographie*



kompaktes Gerät und leichte Bedienung

- 4 Kanäle für parallele Tests
- keine Zentrifugation der Probe
- Ergebnisse innerhalb von 10-15 Minuten
- bedside-fähige Testdurchführung

funktionelle Gerinnungsanalyse

- Thrombozytenfunktion
- Plasmatische Gerinnung
- Interaktionen
- Fibrinolyse
- Dynamik des Gerinnungsprozesses

thrombelastographische Meßmethode

- kontinuierliche Erfassung der Gerinnungsfestigkeit
- echter Funktionstest des Gerinnungssystems
- konventionelles TEG und neue spezifische Tests

weitere Informationen durch:

NOBIS

Labordiagnostica GmbH

Postfach 1251 · D-79343 Eendingen