

Prüfung der mechanischen Funktion des Mixers des Inlabtec Serial Diluters

1 Einleitung

Dieses Verfahren ermöglicht eine einfache Funktionsprüfung des Mixers des Serial Diluters mit der bestehenden Gerätekonfiguration. Mithilfe einer Smartphone-App werden die Mischerdrehzahl und die Mischdauer gemessen. Die vollständige Ausführung des Mischvorgangs mit der festgelegten Drehzahl und Dauer bestätigt, dass der Mixer mit den definierten mechanischen Schlüsselparametern arbeitet.

Geräte, die Prüfergebnisse beeinflussen können, müssen vor ihrem Einsatz in einem akkreditierten Labor verifiziert werden. Für die Erstverifizierung werden die mit dem Serial Diluter erzielten Ergebnisse mit denjenigen der im Labor etablierten Methode zur Herstellung der Verdünnungsreihe, beispielsweise der Röhren- und Vortexmethode, verglichen. Dazu werden parallele Aliquote derselben homogenisierten Probe unter ansonsten identischen Bedingungen untersucht.

Nach der Einführung des Serial Diluters kann es unpraktisch sein, gefüllte Verdünnungsröhrchen und ein separates Vortexsystem ausschliesslich für regelmässige Prüfungen bereitzuhalten. Die hier beschriebene mechanische Prüfung liefert einen indirekten Nachweis für die gleichbleibende Funktion des Mixers, ersetzt jedoch nicht die gemäss ISO 7218:2024, Abschnitt 6.4.4.4, erforderliche vergleichende Beurteilung der mikrobiologischen Homogenisierungsleistung. Die mikrobiologische Beurteilung kann mit der bestehenden Konfiguration des Serial Diluters durchgeführt werden, indem die Keimzahlen vor und nach einer zusätzlichen manuellen Durchmischung desselben Beutelinhalts verglichen werden (siehe «Prüfung der Homogenisierungsleistung des Inlabtec Serial Diluters»).

2 Messprinzip

Der Beschleunigungssensor des Smartphones zeichnet die periodische Bewegung des Beutelhalters während des Mixens auf. Jede vollständige Umdrehung der Exzentrumscheibe erzeugt eine charakteristische Beschleunigungsspitze. Die Mischdauer t wird vom Beginn der ersten bis zum Ende der letzten Spitze bestimmt. Die Anzahl der Spitzen entspricht der Anzahl Umdrehungen N . Die Drehzahl n wird wie folgt berechnet:

$$n = N/t \times 60$$

Die gemessene Mischdauer und die berechnete Drehzahl werden anschliessend mit den festgelegten Akzeptanzkriterien verglichen. Damit wird bestätigt, ob der Mixer den vorgesehenen Mischvorgang mit einer ausreichenden Drehzahl vollständig ausführt.

3 Zusätzlich benötigtes Material

- Smartphone mit Beschleunigungssensor
- App phyphox – Physical Phone Experiments der RWTH Aachen University



Abb. 1: QR-Codes für die App phyphox – Physical Phone Experiments (RWTH Aachen University). Links Apple App Store, rechts Google Play Store.

4 Datenaufzeichnung

- Serial Diluter UA oder UC in Betrieb nehmen, sechs Beutel einsetzen und mit Verdünnungsmittel füllen oder eine vollständige Verdünnungsreihe herstellen.
- Die phyphox-App auf dem Smartphone öffnen und unter Sensors die Funktion Acceleration (without g) auswählen.
- Smartphone auf den Beutelhalter legen (Abb. 2).
- Aufzeichnung in phyphox durch Antippen der Pfeiltaste starten.
- Mischer starten:
 - Serial Diluter UC: Die Taste + im Feld TIME drücken.
 - Serial Diluter UA: Den Dosierhebel in der Ruheposition kurz und vorsichtig anheben. Da die Messung sehr empfindlich ist, den Dosierhebel möglichst behutsam bewegen, um zusätzliche Störsignale zu vermeiden.
- Mischer ungefähr dreimal aktivieren, um mehrere Messesequenzen aufzuzeichnen und visuell auf Plausibilität zu prüfen. Für die Berechnung der Mischdauer und der Drehzahl eine vollständige, störungsfreie und eindeutig auswertbare Sequenz auswählen. Bei sichtbaren Unterschieden zwischen den Sequenzen die Messung wiederholen und die Ursache untersuchen.
- Aufzeichnung auf dem Smartphone beenden.



Abb. 2: Smartphone auf dem Beutelhalter mit laufender phyphox-App während der Datenaufzeichnung.

5 Datenauswahl und Auswertung

- Multi antippen, um die gemessenen Beschleunigungen für alle Achsen anzuzeigen (Abb. 3).
- Diagramm antippen, Ziehen/Zoom auswählen und das Diagramm vergrößern und verschieben, um einen vollständigen Mischvorgang auszuwählen (Abb. 4).
- Punkte wählen und den ersten Messpunkt am Beginn der ersten Spitze setzen. Die angezeigte Zeit t1 notieren.
- Den zweiten Messpunkt am Ende der letzten Spitze setzen und die angezeigte Zeit t2 notieren.

Hinweis: Für die genaue Positionierung der Messpunkte kann zwischen Ziehen/Zoom und Punkte wählen gewechselt werden.

- Anzahl der Spitzen beziehungsweise Umdrehungen N innerhalb der ausgewählten Messsequenz zählen.

- Mischdauer t und Drehzahl n berechnen: $t = t_2 - t_1$
 $n = N/t \times 60$

Berechnungsbeispiel auf Grundlage der Messdaten in Abb. 4 und 5:



Abb. 3: Mit der phyphox-App aufgezeichnete Beschleunigungsdaten in der Multi-Ansicht.

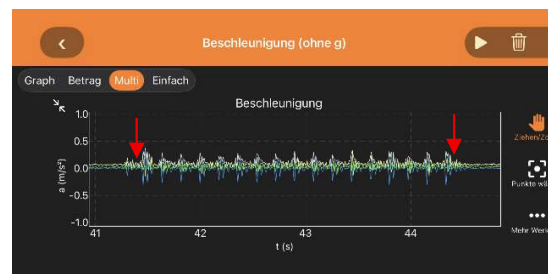


Abb. 4: Vollständiger Mischvorgang. Innerhalb der ausgewählten Sequenz werden 17 Spitzen beziehungsweise Umdrehungen gezählt.

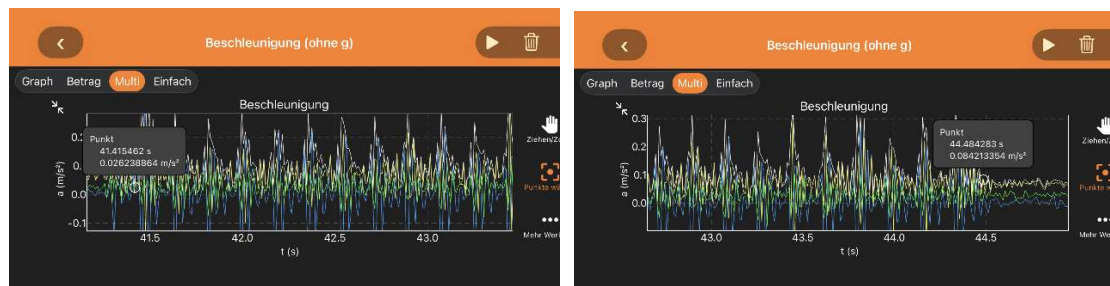


Abb. 5: Die Sequenz wird mit Pan/Zoom vergrößert. Mit Punkte wählen werden die Startzeit $t_1 = 41,41$ s (links) und die Endzeit $t_2 = 44,48$ s (rechts) bestimmt.

Mischdauer $t = t_2 - t_1 = 44,48 \text{ s} - 41,41 \text{ s} = 3,07 \text{ s}$ (siehe Abb. 5)

Anzahl Umdrehungen $N = 17$ (siehe Abb. 4)

Drehzahl $n = N/t \times 60 = 17/3,07 \times 60 = 332 \text{ min}^{-1}$ (332 U/min)

6 Akzeptanzkriterien

Die Funktionsprüfung des Mischers ist bestanden, wenn:

die gemessene Mischdauer t innerhalb von 0 bis +0,5 s gegenüber der eingestellten Mischdauer liegt und die berechnete Drehzahl n grösser als 300 min^{-1} (300 U/min) ist.

Im Beispiel beträgt die eingestellte Mischdauer 3,0 s. Mit einer gemessenen Mischdauer t von 3,07 s und einer berechneten Drehzahl n von 332 min^{-1} sind beide Akzeptanzkriterien erfüllt.

7 Interpretation

Liegen die Mischdauer und die Drehzahl innerhalb der festgelegten Akzeptanzbereiche, arbeitet der Mischer unter den geprüften Bedingungen mit den definierten mechanischen Schlüsselparametern. Das Ergebnis bestätigt die ordnungsgemäße mechanische Funktion des Mischers und kann als regelmässige Funktionsprüfung dokumentiert werden.

Wird ein Akzeptanzkriterium nicht erfüllt, ist die Messung zu wiederholen. Insbesondere sind die eingestellte Mischdauer, die Auswahl der Messsequenz und die korrekte Zählung der Spitzen zu überprüfen.

Bestätigt die wiederholte Messung die Abweichung, sind die Geräteeinstellungen, die Exzenterbewegung und die mechanische Funktion des Mischers zu überprüfen. Das Gerät sollte bis zur Behebung des Problems nicht für Routineuntersuchungen verwendet werden. Falls erforderlich, den Inlabtec Service kontaktieren.

8 Dokumentation

Folgende Angaben sind zu dokumentieren:

- Modell und Seriennummer des Serial Diluters
- Datum und verantwortliche Person
- Smartphone-Modell und Version der phyphox-App
- Gerätekonfiguration, Anzahl der Beutel und deren Füllvolumen

- Eingestellte Mischdauer
- Startzeit t_1 , Endzeit t_2 und berechnete Mischdauer t
- Anzahl der Spitzen beziehungsweise Umdrehungen N
- Berechnete Drehzahl n
- Anzahl der aufgezeichneten Mischvorgänge beziehungsweise Messsequenzen
- Angewandte Akzeptanzkriterien
- Beurteilung: Akzeptanzkriterien erfüllt/nicht erfüllt
- Abweichungen, wiederholte Messungen und ergriffene Massnahmen

Das ausgewertete Messdiagramm sollte als Screenshot oder exportierte Datei zusammen mit dem Prüfprotokoll aufbewahrt werden. Dadurch sind die Messwerte und die ausgewählte Messsequenz rückverfolgbar.

9 Literatur

1. ISO 7218:2024. Microbiology of the food chain — General requirements and guidance for microbiological examinations. Abschnitt 6.4.4, insbesondere 6.4.4.4, «Calibration and verification».
2. ISO/IEC 17025:2017. General requirements for the competence of testing and calibration laboratories. Abschnitt 6.4, «Equipment».
3. Staacks, S., Hütz, S., Heinke, H. and Stampfer, C. (2018). "Advanced tools for smartphone-based experiments: phyphox." *Physics Education*, 53(4), 045009. DOI: [10.1088/1361-6552/aac05e](https://doi.org/10.1088/1361-6552/aac05e).
4. RWTH Aachen University. *phyphox – Physical Phone Experiments*. <https://phyphox.org>.